UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, provincia y departamento de San Martin

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Peter Lleyson Ramírez Vega

ASESOR:

Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar

Tarapoto – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, provincia y departamento de San Martin

AUTOR:

Peter Lleyson Ramírez Vega

Sustentada y aprobada el día 20 de diciembre del 2019, ante el honorable jurado:

.....	.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas	**Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo**
Presidente	**Secretario**
.....	.....
Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón	**Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar**
Vocal	**Asesor**

Declaratoria de autenticidad

Peter Lleyson Ramírez Vega, con DNI N° 70745326, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, provincia y departamento de San Martin.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mí accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 20 de diciembre del 2019.

Bach. Peter Lleyson Ramírez Vega

DNI N° 70745326

Declaratoria jurada

Peter Lleyson Ramírez Vega, con DNI N° 70745326, domicilio legal en el Jr. La Paz N°755 – Juan Guerra, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martin – Tarapoto, **Declaro bajo juramento**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martin – Tarapoto.

Tarapoto, 20 de diciembre del 2019.

.....

Bach. Peter Lleyson Ramírez Vega

DNI N° 70745326

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: Ramirez Vega Peter Lleyson	
Código de alumno : 093121	**Teléfono:** 937409677
Correo electrónico : della-pet@hotmail.com	**DNI:** 70745326

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: Ingenieria Civil y Arquitectura	
Escuela Profesional de: Ingenieria Civil	

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Titulo: Sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, Provicia y deportamento de San Martín	
Año de publicación: 2019	

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons,* con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **"Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA"**.

.....

Firma del Autor

---

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

24 / 02 / 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - REPOSITORIO INSTITUCIONAL - TARAPOTO

.....

Firma del Responsable de Repossitorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto**: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A mi mama Clemencia Vega Martínez, por el gran apoyo brindado para poder culminar mi carrera profesional

A mi viejo Joel Paredes Paredes, que me brinda sus consejos como padre y apoya desinteresadamente.

A mi papá Edison Ramírez Arce, que desde el cielo guía mis pasos

A mi novia July Valera López, que me apoya y da aliento para poder salir adelante

A mis hermanos Jhor y Vivian, que me brindan su apoyo en todo momento

Peter Lleyson.

Agradecimientos

- A mi alma mater formadora de mis conocimientos.
- Al ing. José Enrique Ramírez Ramírez por asesorarme en el desarrollo de mi proyecto de tesis.
- Al ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar por asesorarme en el desarrollo de mi proyecto de tesis.
- Al Agente Municipal y Apu de la localidad de Shilcayo, por brindarme todas las facilidades para poder desarrollar el proyecto de tesis.
- A todas las personas que de una u otra manera formaron parte de la redacción, planificación, desarrollo y diseño de este presente proyecto.

Índice general

Pág.

Índice de tablas

Pág.

Índice de figuras

Pág.

Resumen

El presente trabajo de investigación titulado: “Sistema de Abastecimiento de agua potable en la localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, provincia y departamento de San Martin” surge con la necesidad de solucionar un problema que influye en la salud de los habitantes de la localidad de Shilcayo, ante ellos el objeto principal del proyecto es de disminuir el índice de enfermedades de origen hídrico de la localidad mediante el tratamiento de agua superficial de la quebrada Shilcayo. En este proyecto se plantea captar el agua de la quebrada Shilcayo y conducirlo hacia un reservorio de 25 m3, en este trayecto se deberán ubicar el sedimentador y filtro lento para el tratamiento del agua, además de estructuras de pase y válvulas de purga y aire. Para un mejor entendimiento del proyecto de tesis se planteó v capítulos que describen lo siguiente: En el Capítulo I se describe el estado situacional de la localidad de Shilcayo considerando la situación geopolítica, situación socio económico y situación socio demográfico y descripción del sistema de abastecimiento; en el Capítulo II referido a los materiales y métodos utilizados para el proyecto; en el Capítulo III referido a los resultados obtenidos; en el Capítulo IV referido a las conclusiones y discusiones; en el Capítulo V referido a las referencias bibliográficas y anexos utilizados para la realización del proyecto de tesis.

Palabras calve: Abastecimiento, agua potable, Shilcayo, [distrito], Chazuta, [provincia, departamento], San Martín.

Abstract

This research work, entitled as “Sytem of Drinking-water Supply in the town of Shilcayo, distric of Chazuta, province and departament of San Martin”, aimed at reducing the rate of water-borne deseases through the surface-water treatment from Shilcayo gorge, because they had a significant and negative impact on the health of this community. To reach the main goal, it was proposed to capture the water from the Shilcayo stream and lead it to a 25 m3 reservoir. In this path, a sedimenttation tank and a slow filter for water treatment must be located, in addition to the pass structures, and purge and air valves. This research work was organised in five chapters. Chapter I describes the situational status of the town of Shilcayo regarding to the geopolitical, socio-economic and socio-demographic situation, and also, shows a description of the supply system. Chapter II refers to the materials and methods used to reach the main objective. Chapter III contains the results. Chapter IV mentioned the conclusions and discussions. Chapter V referred to the bibliographical references and annexes, which were used to carry out the thesis project.

Keywords: Supply, drinking water, Shilcayo, [district], Chazuta, [province, department], San Martín.

Introducción

La localidad de Shilcayo cuenta con un sistema de agua por gravedad que en la actualidad se encuentra en total abandono y falta de funcionamiento, este sistema fue construido por el FONCODES en el año 1998.

El sistema de agua potable que fue construido en la localidad se vio afectada por distintos factores, como, la falta de capacidad de operación y mantenimiento por parte de los pobladores hacia el proyecto; también, el mismo se vio perjudicado por los factores climáticos que son las máximas avenidas provocadas por las lluvias intensas en la zona, llegando a perjudicar los distintos componentes de la infraestructura.

Todo esto trajo consigo diversas consecuencias, como: El desabastecimiento de agua potable en los pobladores de la localidad de Shilcayo; la falta de este líquido elemento tuvo como resultado el aumento del índice de morbilidad por las enfermedades de diarrea y cólera; en tal sentido se vio la necesidad de generar un proyecto que solucione esta problemática.

Posteriormente, En el departamento de San Martín la consultora INNCIVE ha sido la encargada de realizar y prestar los servicios de consultoría, es así como se elabora el perfil y expediente técnico inscrito en el banco de proyectos del SNIP, finalmente este proyecto fue dado de baja en febrero del 2016 puesto que existía otros proyectos con las mismas características, pero de diferente unidad formuladora.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.Generalidades

1.1.1. Situación geopolítica

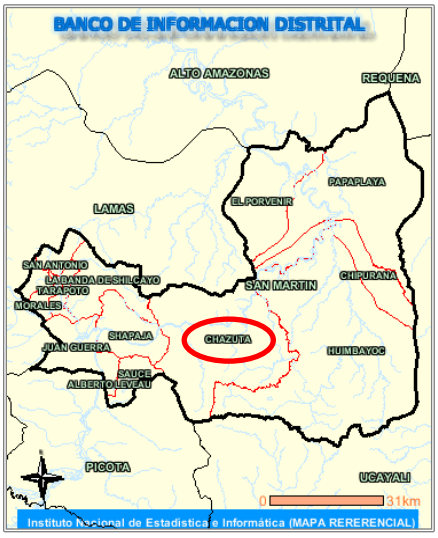
- **Aspectos geográficos**

a. Ubicación

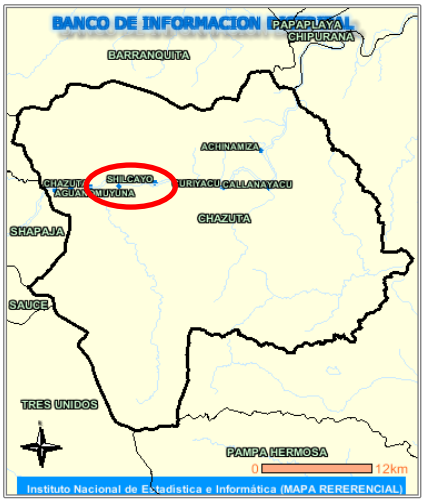
El presente proyecto se encuentra ubicado en la localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, provincia de San Martín y departamento de San Martín.

Mapa del perú señalando el departamento de San Martín

Mapa de san martín señalando la provincia de San Martín



Mapa de la provincia de San Martín señalando el distrito de Chazuta



Plano señalando la comunidad nativa de Shilcayo

Figura 1. Localización de la localidad de Shilcayo

b. Clima

De acuerdo a su ubicación geográfica esta localidad se encuentra en la selva peruana, por lo que presenta un clima tropical; presenta temperaturas elevadas de hasta 35°C en verano y 22°C en invierno.

c. Precipitación

Las precipitaciones pluviales se presentan casi todo el año, siendo con mayor intensidad entre febrero y abril.

d. Topografía

La topografía que muestra la zona refleja características propias de la selva, con bastante vegetación, existiendo grandes áreas de cultivo.

Es una localidad que se encuentra en plena extensión urbana debido a que se viene realizando la construcción de una trocha carrozable que accede a la localidad.

e. Vías de acceso

El acceso a la localidad de Shilcayo se da mediante una vía terreste asfaltada que va desde el distrito de Tarapoto al distrito de chazuta, seguido de un viaje por rio desde chazuta al puerto de la localidad de Shilcayo, cuyas características se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 1

Acceso a la Localidad de Shilcayo

Desde:	A:	Tipo de Vía	Medio de transporte	Distancia Km	Tiempo
Tarapoto	Chazuta	Terrestre	Vehicular	45	60 Min.
Chazuta	Pto. Localidad de Shilcayo	Fluvial	Bote fluvial	11	30 in.

1.1.2. Situación socio – demográfica

a. Densidad demográfica

El área urbano bruto es de: 24 has

Población actual: 574 habitantes

Densidad bruta actual (DB): $\frac{574\ habitantes}{24\ has}$

DB: 23.91 hab/has

DB: 24 hab/has

b. Población

La población futura en la localidad de Shilcayo tendrá que ubicarse y proyectarse de forma ordenada, tendiendo a crecer hacia las zonas de producción agropecuaria.
Para el diseño de nuestro proyecto se ha realizado el empadronamiento de cada uno de los habitantes en la localidad.

1.1.3. Situación socio – económica

1.1.3.1. Fuentes de trabajo local

La localidad de Shilcayo se caracteriza por tener como principal actividad la producción agropecuaria y en menos proporción al aprovechamiento de la flora, fauna, industria y comercio. Se describe los principales sectores de producción:

a. Agricultura

La agricultura en la localidad de Shicayo se caracteriza por tener como principal producto de producción al cacao y al plátano, siendo estos su principal fuente de ingresos. Además, cabe indicar que la agricultura no es tecnificada; es decir se trabaja de manera tradicional.

b. Comercio

El comercio en la localidad de Shilcayo es poco practicada, existiendo tres bodegas y una acopiadora de cacao en toda la localidad y el plátano es transportado mediante transporte fluvial a la capital del distrito para ser comercializado.

c. Ganadería

Es poco practicada en la localidad siendo la crianza de animales menores como cuyes, gallinas y patos los más criados en la localidad; cabe indicar que el clima es propicio para la crianza de ganado vacuno, pero el acceso para el transporte de estos es poco dificultoso.

d. Industria

La localidad no cuenta con plantas industriales procesadoras de la producción, debido al acceso dificulta que se de esta actividad en la localidad.

1.1.3.2. Escolaridad y analfabetismo

El proceso de escolarización se da por la dirección regional de educación, Cuantitativamente en la localidad de Shilcayo existe un colegio integral cuya población estudiantil es de 140 alumnos entre inicial primaria y secundaria, los cuales fueron matriculados en el año escolar del año 2018. En el presente cuadro se muestra lo indicado:

Tabla 2

Población Estudiantil Del Colegio Integral N°0160 – Simón Bolívar

CENTRO EDUCATIVO	N° DE ALUMNOS	PORCENTAJE
NIVEL INICIAL	33	23.57%
NIVEL PRIMARIO	83	59.29%
NIVEL SECUNDARIO	24	17.14%
TOTAL	140	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Según datos del INEI sobre censos nacionales XI de Población y VI Vivienda -2007 el nivel de educación en distrito de Chazuta-Zonas Rural en cifras porcentuales es el siguiente:

Tabla 3

Nivel de Educación Alcanzado en la Zona Rural del Distrito de Chazuta

NIVEL DE EDUCACIÓN	PORCENTAJE
NINGUN NIVEL	18.26%
INICIAL	4.41%
PRIMARIA	62.42%
SECUNDARIA	13.85%
SUP. NO UNIVERSITARIO INCOMPLETA	0.28%
SUP. NO UNIVERSITARIO	0.51%
SUP. UNIVERSITARIO INCOMPLETA	0.08%
SUP. UNIVERSITARIO	0.20%

Fuente: INEI Sobre Censos Nacionales XI de Población y VI Vivienda -2007

1.1.3.3. Vivienda y servicios básicos

a. Servicios básicos

- **Energía eléctrica:** La energía eléctrica en la localidad de Shilcayo es administrada por la empresa Electro Oriente, la localidad cuenta con el fluido eléctrico las 24 horas del día y el área servida es del 95 % de la población de la localidad.
- **Agua potable:** La localidad de Shicayo actualmente se abastece de manera directa de la quebrada Shilcayo, medienate el acarreo en envases plásticos siendo este no tratada y dando paso a enfermedades de naturaleza intestinal.
- **Alcantarillado:** La localidad no cuenta con sistema de alcantarillado y la disposición de excretas se dan en silos o pozos ciegos.

b. Vivienda

Las edificaciones de la localidad de Shilcayo son de una planta, siendo construidas con materiales propios del lugar como son la madera, tapial, quincha y de material noble en menor medida; Con techos inclinados de palma y calamina.

De acuerdo a el conteo insitu de la población y vivienda realizado se logró obtener que la localidad cuenta con 91 viviendas, incluidos los centros educativos, organizaciones comunales y centro de salud.

c. Salud

Los servicios de salud son atendidos por el ministerio de salud, atendiendo el 100% de cobertura a través de un centro de salud.

Según información brindada por el personal técnico del establecimiento de salud, las enfermedades más comunes en la localidad como consecuencia del consumo de agua son los siguientes:

- Enfermedades Disentéricas
- Parasitosis intestinal
- Infecciones intestinales
- Vómitos
- La anemia

1.1.3.4. Organizaciones comunales e instituciones

En la localidad de Shilcayo cuenta con las siguientes y organizaciones:

- Institución educativa Integral N°0160 – Simón Bolívar
- Iglesia católica
- Iglesia evangélica
- Local comunal
- Clubes deportivos
- Clubes de madres
- Teniente gobernación
- Comité de autodefensa

1.1.4. Estudios básicos

Para la elaboración del presente proyecto de investigación denominado "Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la Localidad de Shilcayo, Distrito de Chazuta, Provincia y Departamento de San Martin", se realizó los siguientes estudios básicos con el fin de obtener toda la información posible en el área de evaluación:

1.1.4.1. Estudio de suelos

Se llevó a cabo el estudio de suelos para lo cual se ha realizado la excavación de las calicatas a cielo abierto, para luego proceder a tomar las muestras respectivas alteradas e inalteradas de los diferentes horizontes encontrados los mismos que han servido para determinar las propiedades del suelo con fines de cimentación de las estructuras Hidráulicas.

Ubicación de calicatas

Las calicatas que se realizó se dieron en los siguientes puntos:

- Captación
- Sedimentador
- Filtro lento
- Reservorio
- Red de distribución

Estudio de campo

El estudio de campo nos permitió hacer un diagnóstico de la posible ubicación de las estructuras hidráulicas y poder realizar el diseño correspondiente.

Ensayos

De las muestras tomadas se ha realizado los siguientes análisis:

a) Análisis granulométrico
b) Contenido de humedad
c) Límites de consistencia
d) Clasificación de suelos
e) Capacidad portante de suelo

a) Análisis granulométrico

Generalidades

El análisis granulométrico consiste en la separación de las partículas de suelo por rangos de tamaños, haciendo uso de mallas o tamices con aberturas cuadradas. Mediante procesos de agitado se lleva a cabo la separación de las partículas en porciones, las cuales se pesan expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la muestra total y aunque se considera físicamente imposible determinar el tamaño exacto de cada partícula, la prueba de granulometría si permite agruparlas por rangos de tamaño. Universalmente se ha establecido la malla No. 200 (0,075mm) como medida divisoria en la clasificación de suelos; finos y gruesos.

Finalmente, a través de una curva de distribución, donde el eje de la abscisa corresponde al diámetro de las partículas y el eje de las coordenadas corresponde al porcentaje retenido, se muestra con un alto porcentaje de aproximación a lo real, la variedad de tamaños de partículas que componen el suelo en estudio. Se considera que una gráfica con las características de la Figura 4.a presenta homogeneidad, lo que en términos de geotecnia y comportamiento ingenieril no es bueno y que una gráfica con las características de la Figura 4 .b presenta heterogeneidad en sus partículas, lo que se considera favorable en términos geotécnicos.

Objetivos

El objetivo principal es determinar el tamaño de partículas o granos que constituyen un suelo. La cantidad de granos de los distintos tamaños es expresada en porcentajes de su peso total.

Equipos

- Juego De Tamices
- Aparato Agitador
- Horno De Secado
- Recipientes De Muestreo
- Balanza Electrónica

Procedimiento

1. Cada grupo debe obtener exactamente 500gr La preparación de la muestra se llevará a cabo por el método de cuarteo y una vez sea este realizado se procederá a separar la muestra en finos y gruesos por medio del método de lavado.

2. Si la muestra contiene apreciable cantidad de gravas, finos, o a discreción del instructor, el lavado se puede omitir y en ese caso se pasa al paso N°04.

3. Verter cuidadosamente el residuo, con ayuda del agua, en un recipiente desecador, de tiempo suficiente y permitirle sedimentar por un periodo de tiempo suficiente hasta lograr que el agua en la parte superficial de la suspensión se vuelva transparente. Botar tanto como se pueda de esta agua transparente y colocar el recipiente con la suspensión suelo y agua en el horno para secarlo.

4. Al dia siguiente regresar al laboratorio y pesar el residuo secado al horno, a continuación, hacer pasar la muestra a través de una serie de tamices que varíen desde los diámetros mayores arriba hasta los diámetros inferiores abajo.

5. Colocar la serie de tamices en el agitador eléctrico automático y tamiz aproximadamente de 5 a 10 minutos.

6. Quitar la serie de tamices del agitador y obtener el peso del material que quedo retenido en cada tamiz. Sumar estos pesos y comparar el total con el peso total obtenido en el paso 4.

7. Calcular el porcentaje en cada tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos por el peso de la muestra original utilizado en el paso 2. Esto es valido ya que el material que haya pasado a través del tamiz N°200 pasaría cualquier tamiz por encima del tamiz N°200 en la serie.

8. Calcular el porcentaje que pasa comenzando por 100% y substraer el porcentaje retenido en cada tamiz como un proceso acumulativo.

Cálculos

- **Porcentaje Retenido:**

$$\%\boldsymbol{Retenido} = \frac{\boldsymbol{Mr}}{\boldsymbol{Mt}} * \mathbf{100}$$

Donde:

Mr: Masa retenida en el tamiz

MT: Masa total

- **Porcentaje Retenido Acomulado:**

$$\%\boldsymbol{Retenido\ Acumulado} = \boldsymbol{Suma\ de\ porcentajes\ maores\ o\ iguales}$$

Porcentaje que Pasa:

$$\%\boldsymbol{que\ Pasa} = \mathbf{100} - \%\boldsymbol{retenido\ acumulado}$$

- **Coeficiente de Uniformidad:**

$$\boldsymbol{Cu} = \frac{\boldsymbol{D_{60}}}{\boldsymbol{D_{10}}}$$

Donde:

D_{60} : Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 60 %.

D_{10}: Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 10 %.

- **Coeficiente de Curvatura:**

$$\boldsymbol{Cu} = \frac{(\boldsymbol{D_{30}})^{\mathbf{2}}}{(\boldsymbol{D_{10}} * \boldsymbol{D_{60}})}$$

D_{60} : Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 60 %.

D_{10}: Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 10 %.

D_{30}: Tamaños de las partículas del suelo en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al 30 %.

- **Curva Granulométrica**

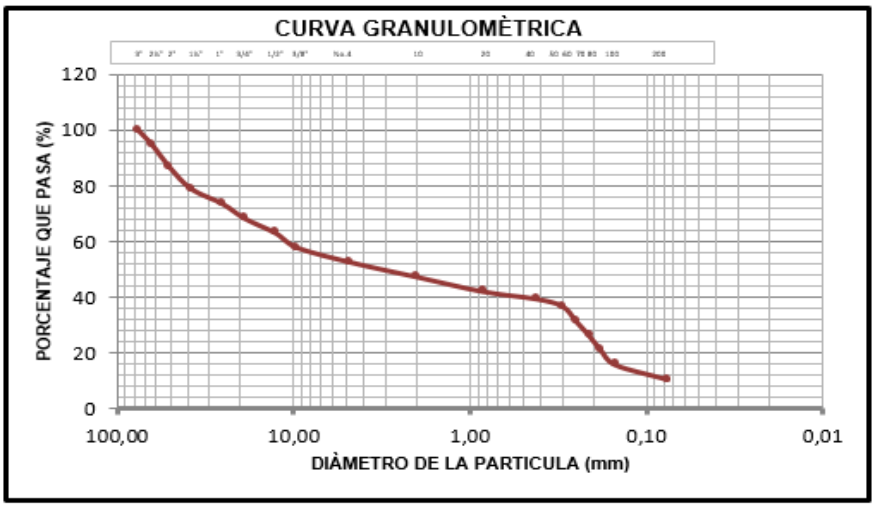


Figura 2: Curva Granulométrica

b) Contenido de humedad

Generalidades

El contenido de humedad de un suelo es la relación existente entre la masa de agua que logra alojarse dentro de la estructura porosa del suelo, y la masa propia de las partículas de suelo.

Existen diversos métodos para determinar el contenido de agua en un suelo como son la sonda de neutrones, el método TDR, método de la aguja proctor, método del Speedy, método nuclear, método del picnómetro al aire diferencial, método del alcohol metílico, a través del tacto, de manera indirecta con tensiómetro y la más utilizada en la ingeniería civil y geotecnia el método por secado al horno.

La determinación del contenido de agua en un suelo es de vital importancia en el momento de tratar propiedades del mismo como la cohesión, consistencia, cambios de volumen y estabilidad mecánica.

Objetivo

Este ensayo tiene como objetivo determinar el contenido de agua presente en una muestra de suelo.

Equipos

El equipo necesario para llevar a cabo la determinación del contenido de humedad del suelo es el siguiente:

- Horno de secado
- Recipientes de muestreo

- Guantes de tela gruesa
- Balanza de precisión

Procedimiento

1. Seleccionar un recipiente de referencia y masa conocida.
2. Una vez seleccionada la muestra a ensayar, depositar la misma dentro del recipiente y determinar la masa del conjunto (recipiente + muestra).
3. Se procede a dejar el recipiente con la muestra dentro del horno, a una temperatura constante de 110 ± 5° C. Se debe dejar en el horno el tiempo suficiente para que se alcance una masa constante. Para tener seguridad de lo anterior se deben hacer mediciones de masa en intervalos de tiempo.
4. Una vez se haya secado el material se retira del horno y se deja secar a temperatura constante para luego determinar su peso seco.

Cálculos

El contenido de humedad del suelo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{W}(\%) = \frac{\boldsymbol{Wh} - \boldsymbol{Ws}}{\boldsymbol{Ws} - \boldsymbol{Wr}} * \mathbf{100}$$

Donde:

W(%) = Porcentaje de humedad

Wh = Peso del Recipiente + Suelo Húmedo

Ws = Peso del Recipiente + Suelo Seco

Wr = Peso del Recipiente

Límites de consistencia

Albert Mauritz Atterberg definió los límites de consistencia de los suelos finos, con el fin de caracterizar su comportamiento. Estos límites son: Límite de Cohesión, Límite de Pegajosidad, Límite de Contracción, Limite Plástico y Limite Líquido.

c) Límite líquido

Generalidades

El Límite Líquido se define como el porcentaje de humedad del suelo, por debajo del cual se presenta un comportamiento plástico. Cuando los suelos alcanzan porcentajes de humedad mayores al límite líquido, su comportamiento será el de un fluido viscoso.

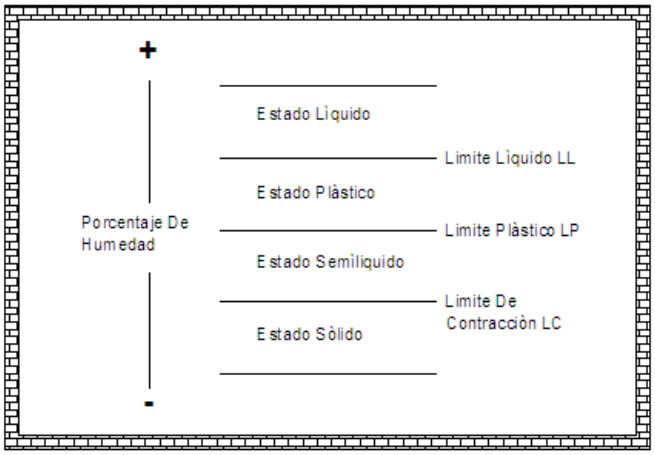


Figura 3: Estados del suelo

Estados del suelo

Objetivo

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Limite Líquido.
- Índice de Flujo.
- Primer parámetro para determinar Índice de Plasticidad.

Equipos

- Aparato de casa grande
- Ranurador
- Balanza
- Horno
- Recipientes
- Espátula

Figura 4: Equipo de Laboratorio Para Ensayo

Procedimientos

1. Una vez se haya preparado el material, se coloca una parte de este en la cazuela y se comprime y extiende sobre la misma, procurando no dejar burbujas de aire y que su máximo valor de profundidad sea aprox. 10 mm.
2. Haciendo una pasada de arriba hacia abajo y manteniendo el ranurador normal a la superficie de la cazuela, se realiza la ranura lo más uniforme posible.
3. Se acciona la cazuela a una razón de aprox. 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesario hasta que el talud de la ranura se cierre a lo largo de 13mm. La ranura debe cerrarse por flujo del suelo, mas no por el desplazamiento del suelo sobre la cazuela.
4. Se extrae una parte del suelo presente en la cazuela, asegurándose que sea de lado y lado de la ranura y se coloca en un recipiente de masa conocida y se tapa.
5. El suelo sobrante se pasa a la zona de mezclado y con ayuda agua destilado se varía la humedad de este según se necesite aumentar o disminuir el número de golpes.
6. Se lava y se limpia tanto el ranurador como la cazuela y se realizan dos tanteos más.
7. Es necesario que los datos de golpes estén comprendidos en los siguientes intervalos. 25-35, 20-30, 15-25.
8. Se registra el valor del peso de recipiente más la porción de suelo. Se somete a secado en el horno a una temperatura de ±110 ºC y una vez se obtengan valores de masa constante se registra el peso de suelo seco más recipiente.

Cálculos

- Curva de Fluidez. Contenido de Humedad vs Número de Golpes

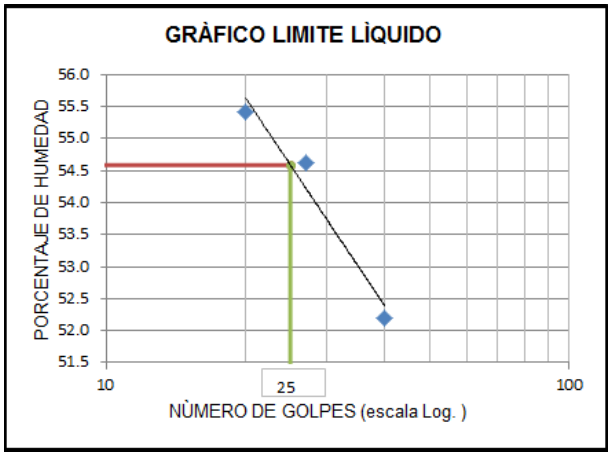


Figura 5: Grafico para determinar el límite liquido

- Limite Líquido

  Se determina el Limite Liquido como el Contenido de Humedad en Porcentaje correspondiente al corte de la línea de tendencia en los 25 golpes.

d) Límite plástico

Generalidades

El límite plástico fue definido por Atterberg como la frontera que existe entre los estados plástico y semisólido del suelo.

El índice de plasticidad es la diferencia entre los valores de Limite Liquido y Limite Plástico. Un Índice de plasticidad bajo, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua.

Objetivo

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Limite Plástico.
- Índice de Plasticidad.

Equipos

- Espátula
- Balanza
- Horno
- Calibrador
- Cápsula para evaporación
- Cápsula para determinar el contenido de humedad

EQUIPO LÍMITE PLÁSTICO	
1	Tamiz Nº 40 (425 µm)
2	Balanza
3	Capsula de Humedad
4	Capsula Evaporación
5	Frasco de Agua
6	Calibrador
7	Espatula

Figura 6: Equipo de laboratorio para ensayo

Procedimientos

1. Se selecciona una porción de aproximadamente 1,5 – 2,0 g, de la muestra previamente preparada.
2. Se hace rodar la porción de muestra entra la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio esmerilado, aplicando una presión constante y no superior a la necesaria para formar rollos.
3. Se debe formar un rollo de diámetro uniforme en la totalidad de la longitud, hasta que este alcance un diámetro de aproximadamente 3,2 mm.
4. Si al alcanzar este diámetro el rollo no presenta agrietamiento y desmoronamiento, se tiene un material con humedad superior a su límite plástico. En tal caso se junta de nuevo todo el material formando una esfera, manipulándola con las manos, produciendo así su pérdida de humedad.
5. Se repiten los pasos anteriores hasta lograr que una vez el material alcance el diámetro de 3,2 mm, se produzca un agrietamiento y desmoronamiento del mismo.
6. Se colocan en un recipiente de masa conocida y se registra el peso de muestra más recipiente.

Cálculos

- Limite Plástico:

$$\boldsymbol{W}(\%) = \frac{\boldsymbol{W1} + \boldsymbol{W2} + \ldots\ldots + \boldsymbol{Wn}}{\boldsymbol{n}} * \mathbf{100}$$

Donde:

LP= Limite Plástico

W: Humedad Natural

n: Número de puntos de humedad tomados

- Índice de Plasticidad

IP=LL−LP

Donde:

IP= Índice de Plasticidad

LL= Límite Líquido

LP= Límite Plástico

e) Clasificación de suelos

Generalidades

Dada la complejidad y el sin número de variables que puede presentar el suelo en la naturaleza, ha sido necesario crear sistemas que permitan clasificarlos y establecer criterios para su identificación. A continuación, se presenta un procedimiento basado en El Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (SUCS) y algunas tablas de otras referencias que permiten clasificar los suelos en función de los resultados obtenidos en los ensayos de Límites de Atterberg y Granulometría. En la Tabla 4, a continuación se presentan los datos necesarios para la clasificación de los suelos:

Tabla 4

Datos necesarios para clasificación de suelos por sistema SUCS

DATOS NECESARIOS	
PORCENTAJE DE GRAVA	PASA TAMIZ 3" Y RETIENE TAMIZ Nº 4
PORCENTAJE DE ARENA	PASA TAMIZ Nº 4 Y RETIENE TAMIZ Nº 200
PORCENTAJE DE LIMO Y ARCILLA	PASA TAMIZ Nº200
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	Cu
COEFICIENTE DE CURVATURA	Cc
LIMITE LIQUIDO	LL
INDICE DE PLASTICIDAD	IP

Procedimiento

1. Determine el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz Nº 200.
2. Si el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz Nº 200 es menor a 50 %, se trata de un suelo de grano grueso y se siguen los siguientes pasos:

a) Si el porcentaje de gravas es superior al porcentaje de arenas, el suelo es tipo grava. Figura 7 y a la Figura 8.

CRITERIO		DENOMINACIÓN DEL GRUPO	SIMBOLO DEL GRUPO
Menos del 5% pasa tamiz N° 200	Cu ≥4 y 1≤Cc≤3	GRAVA BIEN GRADADA	GW
Menos del 5% pasa tamiz N° 200	Cu <4 y/o 1>Cc>3 (o no cumple criterios para GW)	GRAVA MAL GRADADA	GP
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o IP <4	GRAVA LIMOSA	GM
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en la grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o IP>7	GRAVA ARCILLOSA	GC
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en la grafica se ubican en el area de CL-ML (figura1)	GRAVA ARCILLO-LIMOSA	GC-GM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	Cu ≥4 y 1≤Cc≤3, Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o IP <4	GRAVA BIEN GRADADA CON FINOS LIMOSOS	GW-GM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	Cu <4 y/o 1>Cc>3, Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; IP <4	GRAVA MAL GRADADA CON FINOS LIMOSOS	GP-GM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	Cu ≥6 y 1≤Cc≤3, Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o IP >7	GRAVA BIEN GRADADA CON FINOS ARCILLOSOS	GW-GC
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	Cu <4 y/o 1>Cc>3, Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; IP >7	GRAVA MAL GRADADA CON FINOS ARCILLOSOS	GP-GC

Figura 7: Clasificación de Suelos de Grava

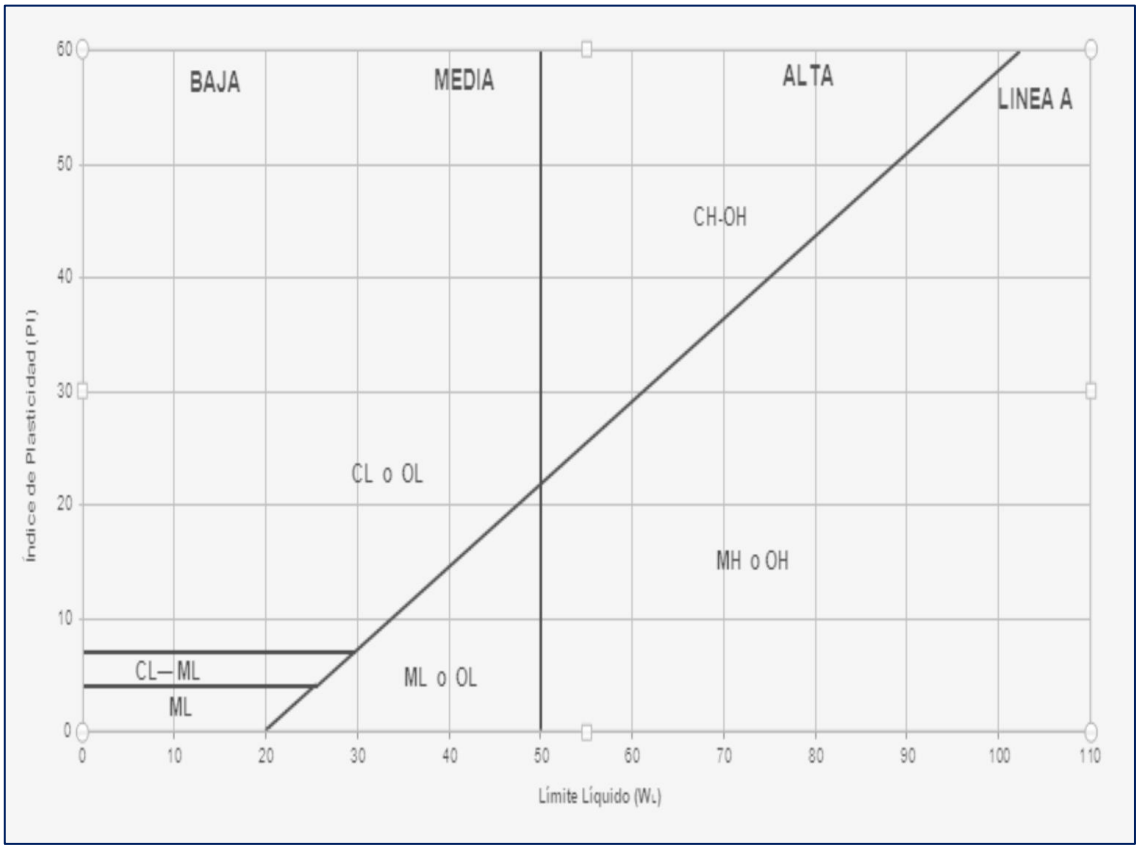


Figura 8: Carta de Plasticidad.

b) Para establecer el nombre del grupo propio del suelo, Figura 9.

SIMBOLO	GRADACIÓN	NOMBRE ESPECÍFICO
GW	<15% de arena	Grava bien gradada
	≥ 15% de arena	Grava bien gradada con arena
GP	<15% de arena	Grava mal gradada
	≥ 15% de arena	Grava mal gradada con arena
GM	<15% de arena	Grava limosa
	≥ 15% de arena	Grava limosa con arena
GC	<15% de arena	Grava arcillosa
	≥ 15% de arena	Grava arcillosa con arena
GC-GM	<15% de arena	Grava limo-arcillosa
	≥ 15% de arena	Grava limo-arcillosa con arena
GW-GM	<15% de arena	Grava bien gradada con limo
	≥ 15% de arena	Grava bien gradada con limo y arena
GW-GC	<15% de arena	Grava bien gradada con arcilla
	≥ 15% de arena	Grava bien gradada con arcilla y arena
GP-GM	<15% de arena	Grava mal gradada con limo
	≥ 15% de arena	Grava mal gradada con limo y arena
GP-GC	<15% de arena	Grava mal gradada con arcilla
	≥ 15% de arena	Grava mal gradada con arcilla y arena

Figura 9: Diagrama de Flujo Para Nombre de Grupo de Suelos Tipo Grava

c) Si el porcentaje de arenas es superior al porcentaje de gravas, el suelo es tipo arenoso. Figura 10 y a la figura 11.

CRITERIO		DENOMINACIÓN DEL GRUPO	SIMBOLO DEL GRUPO
Menos del 5% pasa tamiz N° 200	Cu ≥6 y 1≤Cc≤3	ARENA BIEN GRADADA	SW
Menos del 5% pasa tamiz N° 200	Cu <6 y/o 1>Cc>3 (o no cumple criterios para GW)	ARENA MAL GRADADA	SP
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o IP <4	ARENA LIMOSA	SM
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en la grafica arriba de la linea A (figura 1) ; o IP>7	ARENA ARCILLOSA	SC
Mas del 12% pasa tamiz N° 200	Limites en la grafica se ubican en el area de CL-ML (figura1)	ARENA ARCILLO-LIMOSA	SC-SM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	Cu ≥6 y 1≤Cc≤3, Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; o IP <4	ARENA BIEN GRADADA CON FINOS LIMOSOS	SW-SM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	Cu <6 y/o 1>Cc>3, Limites en grafica por debajo de la linea A (figura 1) ; IP <4	ARENA MAL GRADADA CON FINOS LIMOSOS	SP-SM
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	Cu ≥6 y 1≤Cc≤3, Limites en grafica arriba de la linea A (figura 1) ; o IP >7	ARENA BIEN GRADADA CON FINOS ARCILLOSOS	SW-SC
Entre el 5% y 12% pasa tamiz N° 200	Cu <6 y/o 1>Cc>3, Limites en grafica arriba de la linea A (figura 1) ; IP >7	ARENA MAL GRADADA CON FINOS ARCILLOSOS	SP-SC

Figura 10: Clasificación de Suelos Arenosos

d) Para establecer el nombre del grupo propio del suelo, Figura 11.

SIMBOLO	GRADACIÓN	NOMBRE ESPECÍFICO
SW	<15% de grava	Arena bien gradada
	≥ 15% de grava	Arena bien gradada con grava
SP	<15% de grava	Arena mal gradada
	≥ 15% de grava	Arena mal gradada con grava
SM	<15% de grava	Arena limosa
	≥ 15% de grava	Arena limosa con grava
SC	<15% de grava	Arena arcillosa
	≥ 15% de grava	Arena arcillosa con grava
SC-SM	<15% de grava	Arena limo-arcillosa
	≥ 15% de grava	Arena limo-arcillosa con grava
SW-SM	<15% de grava	Arena bien gradada con limo
	≥ 15% de grava	Arena bien gradada con limo y grava
SP-SC	<15% de grava	Arena bien gradada con arcilla
	≥ 15% de grava	Arena bien gradada con arcilla y grava
SP-SM	<15% de grava	Arena mal gradada con limo
	≥ 15% de grava	Arena mal gradada con limo y grava
SP-SC	<15% de grava	Arena mal gradada con arcilla
	≥ 15% de grava	Arena mal gradada con arcilla y grava

Figura 11: Diagrama de flujo para nombre de grupo de suelos arenosos.

3. Si el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz Nº 200 es mayor a 50 %, se trata de un suelo de grano fino y se siguen los siguientes pasos:

a) Si el límite líquido del suelo es menor a 50 %, figura 12 y si el límite líquido es mayor a 50 %.

CRITERIO		DENOMINACIÒN DEL GRUPO	SIMBOLO DEL GRUPO
INORGÀNICO	IP < 4 O bajo la linea A (figura 1)	LIMO DE BAJA COMPRESIBILIDAD	ML
INORGÀNICO	IP > 7 y simultaneamente en la linea A o por encima de ella (figura 1)	ARCILLA DE BAJA COMPRESIBILIDAD	CL
INORGÀNICO	4 ≤ IP ≤ 7 y simultaneamente en la linea A o por encima de ella (figura 1)	ARCILLA LIMOSA	CL - ML
ORGÀNICO	IP < 4 O bajo la linea A (figura 1)	LIMO ORGÀNICO	OL
ORGÀNICO	IP ≥ 4 y simultaneamente en la linea A o por encima de ella (figura 1)	ARCILLA ORGÀNICA	OL

Figura 12: Clasificación de Suelos Finos con LL Menor a 50%

CRITERIO		DENOMINACIÒN DEL GRUPO	SIMBOLO DEL GRUPO
INORGÀNICO	Bajo la linea A (figura 1)	LIMO DE ALTA COMPRESIBILIDAD	MH
INORGÀNICO	En la linea A o por encima de ella	ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD	CH
ORGÀNICO	Bajo la linea A (figura 1)	LIMO ORGÀNICO	OH
ORGÀNICO	En la linea A o por encima de ella	ARCILLA ORGÀNICA	OH

Figura 13: Clasificación de Suelos Finos con LL Mayor a 50%

1.1.4.2. Estudio topográfico

Se deben realizar las siguientes actividades para garantizar el correcto levantamiento topográfico:

- Reconocimiento de la zona del proyecto: Se ubicó en campo las diferentes estructuras del proyecto.
- Nivelación planimétrica: Se realizó el levantamiento planimétrico con niveles de los puntos de control.
- Levantamiento topográfico a detalle: Se realizo el levantamiento de las zonas donde proyectarían los componentes del proyecto.

1.1.4.3. Estudio de la fuente de captación

Para el estudio de la fuente se tuvo el apoyo de la Municipalidad Distrital de Chazuta, el cual existía un estudio de la fuente de un proyecto ambiguo que no se llego a concretar, pero que los análisis son muy bien detallados y dirigidos a la empresa INCIVE.

1.2. Trabajos previos/antecedentes

Roger, P. (1997), en su libro “Agua Potable Para Población Rurales”, nos menciona que: La ampliación significativa del acceso al consumo de agua potable en las zonas rurales de nuestro país es uno de los principales desafíos que debemos enfrentar todas aquellas instituciones que estamos comprometidas en la mejora de la calidad de vida de la mayoría de la población. Sistemas de abastecimiento de agua potable seguros, adecuados y accesibles, conjuntamente con un saneamiento apropiado, permitirán eliminar o disminuir los riesgos de muchas enfermedades de importante incidencia en nuestro país, mejorando sensiblemente la situación general de la salud, así como aminorar la carga de trabajo de las familias, en particular de mujeres y niños.

Thomas, J. (1998), en su libro "Sistemas de Agua Potable por Gravedad" defiende que hay diferentes tipos de sistemas en que el agua fluye por gravedad, cada una de ellos puede clasificarse de acuerdo a determinadas características de diseño. Estos sistemas están divididos en 2 categorías generales: Sistemas abiertos y sistemas cerrados.

Romero, J. (1999), en su libro "Potabilización del Agua" manifiesta que la purificación del agua es uno de los problemas de las ingenierías civil y ambiental de más urgente solución. El objetivo inmediato es proveer a toda la sociedad de agua potable porque de esta manera cada comunidad satisface un requerimiento fundamenta para su bienestar y comodidad. En Latinoamérica existen miles de municipios, muchos de ellos sin ningún sistema de purificación del agua.

Grandez, P. (1994), en su Tesis Titulado "Proyecto de Abastecimiento de Agua Potable a la Localidad de Consuelo - Provincia De Bellavista", manifiesta que los elementos principales de un sistema de abastecimiento de agua son:
Fuente, captación, conducción, planta de tratamiento, reservorio, redes de distribución.

Ramírez, J. (2015), en su tesis titulado "Diseño del Sistema de Agua Potable con Captación Tipo Galería Filtrante del Centro Poblado Marona, Distrito, Provincia De Moyobamba, Región San Martin", concluye que el sistema de agua potable y saneamiento diseñado y seleccionado permite al centro poblado Marona contar con un servicio de agua potable con óptimas condiciones de salubridad y apta para el consumo humano.

Paredes, G. (2002), en su tesis "Diseño Y Construcción Del Sistema De Agua Potable Del Distrito De San Martin Alao, Provincia El Dorado, Región De San Martin", señala que uno de los aspectos de mayor importancia en un sistema de abastecimiento de agua potable constituye la selección de la fuente, ya que de ella dependerá en alto grado el buen funcionamiento del sistema; y por ende la garantía del agua, para que la dotación estimada pueda satisfacer las necesidades de toda la población.

1.3. Fundamentación teórica de la investigación

1.3.1. Sistema de abastecimiento de agua potable

Es un conjunto de obras de construcción civil que permiten que una comunidad pueda contar con el servicio de agua potable para uso doméstico, comercial e industrial.

a. Periodo de diseño, (Reyna, 2003)

Es el tiempo de servicio efectivo de un sistema de abastecimiento de agua potable para población de diseño. Es el periodo en el cual se maximiza el beneficio de una inversión. Además, el periodo de diseño se encuentra ligado tanto a las proyecciones de crecimiento de la población, como a las características de durabilidad de las instalaciones, facilidades de construcción o sustituciones y posibilidades de financiamiento.

b. Rango de valores, (Arrocha 2002).

Se mencionan rangos de valores asignados a diversos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua.

c. Fuentes superficiales

Sin Regulación. – Debe proveer un caudal mínimo para un periodo de 20 a 30 años.

Con Regulación. – Las capacidades de embalse deben basarse en registros de escorrentía de 20 a 30 años

d. Obras de captación

Dependiendo de la magnitud e importancia de la obra se podrá utilizar periodos de diseño entre 20 a 40 años.

Diques – Tomas	15 - 25 años
Diques – Represas	30 - 50 años

e. Línea de conducción

Dependerán mucho de la magnitud, diámetro, dificultades de ejecución de obra, costos, etc. En general un periodo de diseño aconsejable esta entre 20 a 40 años.

f. Planta de tratamiento

Generalmente se estima valores de 10 a 15 años, con posibilidades futuras de ampliaciones para periodos similares.

g. Estanques de almacenamiento

De Concreto	:	30-40 años
Metálicos	:	20-30 años

h. Línea de aducción

Dependerán mucho de la magnitud, diámetro, dificultades de ejecución de obra, costos, etc. En general, un periodo de diseño aconsejable esta entre 20 y 40 años.

i. Redes de distribución

Las redes de distribución deben diseñarse para el completo desarrollo del área que sirven. Generalmente se estiman periodos de diseño de 20 años, y dependiendo de la magnitud de la misma puede ampliarse de 30 a 40 años.

j. Obras de arte, equipos y accesorios.

Se les asigna periodos de diseño de acuerdo a su función y ubicación respecto a los componentes del sistema que lo contiene.

1.3.2. Población de diseño

La población de diseño está justificada de acuerdo a las características de la ciudad, sus factores socioeconómicos y su tendencia de desarrollo.

Para el cálculo de población futura se utilizará el método de crecimiento aritmético.

$$Pf = Pa \times (1 + r \times t / 100) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Donde:

Pf = Población Futura

Pa = Población Actual

r = tasa de crecimiento poblacional

t = años

1.3.3. Dotación de agua , (CNA, 2007)

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en l/hab/ día.

En el Perú según el Ministerio de salud, Considerando los factores que determinan la variación de la demanda de consumo de agua en las diferentes localidades rurales; se asignan las dotaciones en base al número de habitantes (Cuadro Nº04) y a las diferentes regiones del país (Cuadro Nº05):

Tabla 5

Dotación por número de habitantes

POBLACION (Habitantes)	DOTACION (l/hab/dia)
hasta 500	60
500 - 1000	60 - 80
1000 - 2000	80 - 100

Fuente: Ministerio de Salud

Tabla 6

Dotación por región

REGION	DOTACION (l/hab/dia)
SELVA	80
COSTA	70
SIERRA	60

Fuente: Ministerio de Salud

1.3.4. Variaciones periódicas, (Agüero 1997)

Para suministrar eficientemente agua a la comunidad, es necesario que cada una de las partes que constituyen el sistema satisfaga las necesidades reales de la población; diseñando cada estructura de tal forma que las cifras de consumo y variaciones de las mismas, no desarticulen todo el sistema, sino que permitan un servicio de agua eficiente y continuo.

La variación del consumo está influenciada por diversos factores tales como: tipo de actividad, hábitos de la población, condiciones de clima, etc.

- Consumo Promedio Diario Anual (Qp)

El consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (l/s) y se determina mediante la siguiente relación:

$$Qp = \frac{Pf \times dotacion(d)}{86{,}400 s / dia} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Donde:

Qp = Consumo promedio diario anual (l/s)

Pf = Población futura (hab.)

d = Dotación (l/hab./día)

- Consumo máximo diario (Qmd) y horario (Qmh)

El **consumo máximo diario** se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año. Para el consumo máximo diario (Qmd) se considerará entre el 120% y 150% del consumo promedio diario anual (Qm), recomendándose el valor promedio de 130%.

$$Qmd = Qp \times K1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

Donde:

Qmd = Caudal máximo diario (l/s)

Qp = Consumo promedio diario anual (l/s)

K1= coeficiente del día de mayor consumo = 1.3

El consumo máximo horario, se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo.

$$Qmh = Qp \times K2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

Donde:

Qmh = Caudal máximo horario (l/s)

Qp = Consumo promedio diario anual (l/s)

K2= coeficiente de la hora de mayor consumo = 2.0

1.3.5. Fuentes de abastecimiento, (Agüero 1997)

Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como a la topografía del terreno, se consideran tres tipos de fuentes de agua:

-Agua de lluvia: La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico.

-Aguas superficiales: Están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo, a veces no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua.

-Aguas subterráneas: Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de estas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.
La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares).

1.3.6. Captación (Ignasi, et. al 2005)

Una vez elegida el tipo de fuente de agua, el primer elemento de cualquier sistema de abastecimiento de agua es la captación. Para el presente proyecto se entrará a detallar el tipo de captación superficial.
Las captaciones superficiales incluyen:
• Agua de lluvia.
• Arroyos y ríos.
• Lagos y embalses.
Cada uno de estos tipos requiere obras de distinta naturaleza e importancia, pero todos ellos comparten que una ejecución inadecuada puede influir en:
• La calidad del agua servida.
• Los problemas aguas abajo: sistemas de tratamiento, conducciones, depósitos, red de distribución.

Exceptuando el agua de lluvia, el resto presenta un serio inconveniente respecto a las subterráneas: la existencia de zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba del punto de toma puede conllevar problemas sanitarios.

Por ello, en fase de diseño se debe prever lo siguiente:

• Conocer el estado sanitario. (Estudio de la Fuente)

• Determinar los caudales disponibles, dejando un caudal ecológico en la fuente para no afectar los usos previos que esta pudiera tener.

• Conocer la calidad de agua y prever actuaciones en materia de tratamiento de la misma.

1.3.7. Línea de conducción (Agüero 1997)

La línea de conducción en un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción del agua desde la captación hasta el reservorio, aprovechando la carga estática existente. Debe utilizarse al máximo la energía disponible para conducir el gasto deseado, lo que en la mayoría de los casos nos llevara a la selección del diámetro mínimo que permita presiones iguales o menores a la resistencia física que el material de la tubería soporte.

a. Criterios de diseño

Definido el perfil de la línea de conducción, es necesario considerar criterios de diseño que permitan el planteamiento final en base a las siguientes consideraciones:

- **Carga disponible:** La carga disponible (Figura 14) viene representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación y el reservorio.

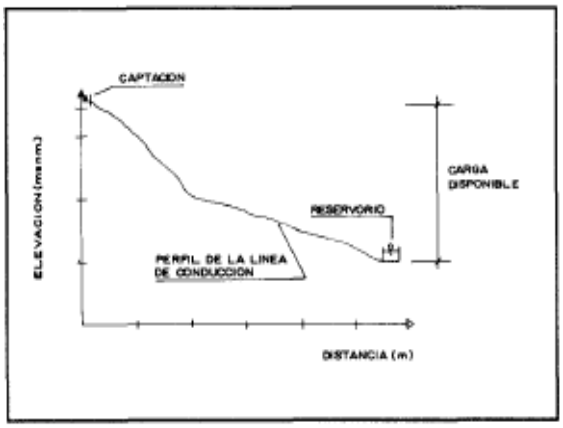


Figura 14: Carga Disponible en línea de conducción

- **Gasto de diseño:** El gasto de diseño es el correspondiente al gasto máximo diario (Qmd), el que se estima considerando el caudal medio de la población para el periodo de diseño seleccionado (Qm) y el factor K1 del día de máximo consumo.

- **Clases de tubería:** Las clases de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la línea de carga estática. Para la selección se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería.

- **Diámetros:** Para determinar los diámetros se consideran diferentes soluciones y se estudian diversas alternativas desde el punto de vista económico. Considerando el máximo desnivel en toda la longitud del tramo, el diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el gasto de diseño con velocidades comprendidas entre 0.6 y 3.0 m/s; y las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible.

- **Estructuras complementarias:**

  Válvulas de aire: El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área de flujo del agua, produciendo un aumento de perdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire pudiendo ser automáticas o manuales.

  Válvulas de purga: Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

  Cámaras rompe presión: Cuando existe mucho desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar una tubería. En esta situación, es necesaria la construcción de cámaras rompe-presión que permitan disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar danos en la tubería. Estas estructuras permiten utilizar tuberías de menor clase, reduciendo considerablemente los costos en las obras de abastecimiento de agua potable.

b. Planta de tratamiento

El agua en un proceso hidrológico tiene oportunidad de las unidades de tratamiento consideradas en la planta de tratamiento para el presente proyecto son:

c. Sedimentador:

Recomendaciones de diseño:

- La unidad de sedimentación simple es eficiente para remover partículas en suspensión de tamaño superior a 0.05 m m
- Se recomienda determinar la velocidad de sedimentación (Vs) y la eficiencia a obtener mediante una columna de sedimento.
- esta unidad trabaja en forma eficiente con tubería de hasta 1000 u
- Se determina el área de sedimentación usando el siguiente criterio.

$$A_s = \frac{Q}{V_S} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(4)$$

- Las dimensiones de la sedimentación deberán guardar relación con las propiedades de sedimentación y de flujo de la siguiente manera:

$$\frac{I}{H} = \frac{Vh}{Vs} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(5)$$

Además, para conseguir estabilizar el flujo se debe guardad las siguientes relaciones entre las diversas dimensiones del sedimentado.

$$4 < \frac{L}{B} < 6 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

$$5 < \frac{L}{H} < 20 \ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

- Ubicar una pantalla perforada entre 0.60 a 1 m de distancia de la pared de entrada (L1) los orificios más alto deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre ¼ y 1/5 de H.

  Se sugiere velocidades en los orificios no mayores de 0.10 a 0.15 m/ s. Y el máximo número de perforaciones con el objetivo de minimizar la longitud de los chorros de agua, que no creen perturbaciones dentro de la zona de sedimentación. Se recomienda dar a los orificios sección a cuadrada y aboquillarlos incrementando su sección en la dirección del flujo (15°).
- Dar el fondo de la unidad una pendiente de 5% al 10 % para facilitar el deslizamiento de los sedimentos.
- Diseñar un vertedero de alivio que regule el caudal de agua a ser tratada en la unida, evitando que este se vea incrementado durante la operación.

- Se recomienda diseñar la sección de la compuerta de evacuación mediante el siguiente criterio.

$$A = A_s = \left[\frac{H}{4850\,X1}\right] 1/2 \quad \ldots\ldots.. (8)$$

Donde:

L = Tiempo de vaciado en horas

A$A_s = Secion\ de\ la\ copuerta$

- El tiempo de detención en horas estará entre 2 y 6 horas t = H/V
- La profundidad H, oscilara entre 1.5 y 2.5 m.
- Caga superficial Tm^3/ preferencialmente esta entre 2 y 10 (Q/A).
- La carga en el vertedero en (L/s por m) oscilara entre 0.80 y 2 (Q/L).
- Se recomienda velocidades horizontales menores a 0.550 cm/ s para evitar arrastre de partículas.

b. Filtro lento:

Recomendaciones de diseño, (Reyna 20023)

A continuación, se resumen los criterios de diseño recomendamos para un filtro lento.

- Se deberá considerar una caja de ingreso con vertedero o triangular para controlar el caudal de ingreso, la distribución a los filtros se efectuará mediante u canal en el cual se ubican compuertas manuales para aislar las unidades, el ingreso se efectuará mediante un vertedero rectangular.
- Se deben diseñar por lo menos dos unidades de caja de filtro, esto realmente está supeditado a la velocidad de filtración con la que va a operar los filtros y el área máxima factible de darle mantenimiento por métodos manuales en menos de 24 horas (50 m2, también depende de la velocidad de diseño, con velocidades bajas del orden de 0.10 m/h se podrán considerar dos unidades y tres cuando esta.)sea igual o mayor a 0.20 m/h.
- La superficie de cada unida está en función de la velocidad de filtración (V_1) del caudal (Q), del número de horas de funcionamiento continuo de la unidad (Tramos) y del número de unidades (N).

$$A_s = \frac{Q\ x\ C1}{N\ x\ Vf} \ldots\ldots\ldots\ldots..(9)$$

Donde:

C_1 = es un coeficiente que depende del número de turno (B horas c/u), al día en que se vaya a operar la unidad.

Tabla 7

Valores del Coeficiente "C" que Depende del Numero de Turnos

VALORES DEL COEFICIENTE "C"	
TURNOS	C_1
1	3
2	1.5
3	1

- Las dimensiones del filtro, largo (B) y ancho (A), se seleccionaran de acuerdo al siguiente criterio.

  $A = \sqrt{A_s}$ / K……(10)

  $B = \sqrt{A_{s\ k\,K}}$……..(11)

  Donde:

  K = es la relación de mínimo costo que depende del número de unidades (N) según la siguiente relación.

  $K = \frac{2\,N}{N+1}$…….(12)

Siendo:

A =Ancho de filtro (m)

A_s = rea de filtración (m^2)

B =Longitud del filtro (m)

C_1 =Coeficiente dependiente de los periodos operacionales del filtro.

Q =Caudal de diseño (M^3/h)

N =Número de filtros

V_f =Velocidad de filtración (m/h)

- Lo recomendable para adoptar la velocidad de filtración es determinada mediante ensayos en filtro pilotos durante un tiempo superior al necesario, a fin de que se den todas las variaciones de calidad de agua esperadas.
- La altura de agua sobre el techo filtrante variara de 1 a 1.5m.
- Las paredes interiores de la caja en el tramo ocupado por el techo filtrante deberán presentar un acabado rugoso.
- Estructura de salida del filtro.

El nivel mínimo del filtro se controla mediante el vertedero de salida cuyo nivel deberá ser igual o mayo (0.10 – 0.20 m) que el nivel del techo filtrante, este control protege la

película biológica y evita la proliferación excesiva de algas al producirse una descarga accidental del techo durante la operación, al igual que evita la formación de presiones negativas.

- En la caja del vertedero de salida de cada filtro se deberá considera una abertura rectangular para eliminar el filtrando inicial, se ubica a 0.10m, sobre el nivel inferior del vertedero de salida.
- El control de nivel máximo se efectúa mediante un vertedero de salida.
- Las cámaras de desagüe pueden intercomunicase por un ducto debajo de la cámara de agua trata para disponerlas en forma conjunta.
- Instalaciones accesorios:

- Se considera una plataforma colindante a los filtros que facilite la operación limpieza de filtro y el lavado de la arena.
- Se deberá considerar un teclee o sistema similar para sacar o introducir la arena a filtro.
- Una unidad para lavar la arena (puede ser cilindro de metal dotado de rebose descarga de fondo y entrada de agua).
- A arena retirada de los filtros deberá ser acumulada apropiadamente.
- Cerca las instalaciones para evitar el ingreso de animales y niños.

Tabla 8

Granulometría de la Capa de Soporte (*)

CAPA	**DIAMETRO (mm)**		**Altura (cm)**
	Mínimo	Máximo	
1	0.5 – 2.0	1.5 – 4.0	5
2	4.0 – 15.0	4.0 – 15.0	5
3	5.0 – 20.0	10.0 – 40.0	10

(*) Según estudio experimental para arenas de diámetros efectivos entre 0.10 y 0.40 mm

1.3.8. Reservorio (Agüero, 1997)

La importancia del reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectadas y el rendimiento admisible de la fuente.

Un sistema de abastecimiento de agua potable requerirá de un reservorio cuando el rendimiento admisible de la fuente sea menor que el gasto máximo horario (Qmh). En caso que el rendimiento de la fuente sea mayor que el Qmh no se considera el reservorio, y debe asegurarse que el diámetro de la línea de conducción sea suficiente para conducir el gasto máximo horario (Qmh), que permita cubrir los requerimientos de consumo de la población. En algunos proyectos resulta más económico usar tuberías de menor diámetro en la línea de conducción y construir un reservorio de almacenamiento.

1.3.8.1. Consideraciones básicas de diseño, (Agüero, 1997)

Los aspectos más importantes a considerarse para el diseño son la capacidad, ubicación y tipo de reservorio.

- **Capacidad del reservorio:** Para determinar la capacidad del reservorio, es necesario considerar la compensación de las variaciones horarias, emergencia para incendios, previsión de reservas para cubrir danos e interrupciones en la línea de conducción y que el reservorio funcione como parte del sistema.

  Para el cálculo de la capacidad del reservorio, se considera la compensación de variaciones horarias de consumo y los eventuales desperfectos en la línea de conducción. El reservorio debe permitir que la demanda máxima que se produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad, al igual que cualquier variación en el consumo registrada en las 24 horas del día. Ante la eventualidad de que en la línea de conducción puedan ocurrir daños que mantengan una situación de déficit en el suministro de agua mientras se hagan las reparaciones pertinentes, es aconsejable un volumen adicional que de oportunidad de restablecer la conducción de agua hasta el reservorio.

- **Ubicación del reservorio:** La ubicación está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio, garantizando presiones mínimas en las viviendas más elevadas y presiones máximas en las viviendas más bajas.

Considerando la topografía del terreno y la ubicación de la fuente de agua, en la mayoría de los proyectos de agua potable en zonas rurales los reservorios de almacenamiento son de cabecera y por gravedad. El reservorio se debe ubicar lo más cerca posible y a una elevación mayor al centro poblado.

- **Tipo de reservorio:** Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados, que generalmente tienen forma esférica, cilíndrica y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc; los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular, son construidos por debajo de la superficie del suelo.

1.3.8.2. Caseta de válvulas

- **Tubería de llegada:** El diámetro está definido por la tubería de conducción, debiendo estar provista de una válvula compuerta de igual diámetro antes de la entrada al reservorio de almacenamiento; debe proveerse de un bypass para atender situaciones de emergencia.

- **Tubería de salida:** El diámetro de la tubería de salida será el correspondiente al diámetro de la línea de aducción, y deberá estar provista de una válvula compuerta que permita regular el abastecimiento de agua a la población.

- **Tubería de limpia:** La tubería de limpia deberá tener un diámetro tal que facilite la limpieza del reservorio de almacenamiento en un periodo no mayor de 2 horas. Esta tubería será provista de una válvula compuerta.

- **Tubería de rebose:** La tubería de rebose se conectará con descarga libre a la tubería de limpia y no se proveerá de válvula compuerta, permitiéndose la descarga de agua en cualquier momento.

- **Bypass:** Se instalará una tubería con una conexión directa entre la entrada y la salida, de manera que cuando se cierre la tubería de entrada al reservorio de almacenamiento, el caudal ingrese directamente a la línea de aducción. Esta constara de una válvula compuerta que permita el control del flujo de agua con fines de mantenimiento y limpieza del reservorio.

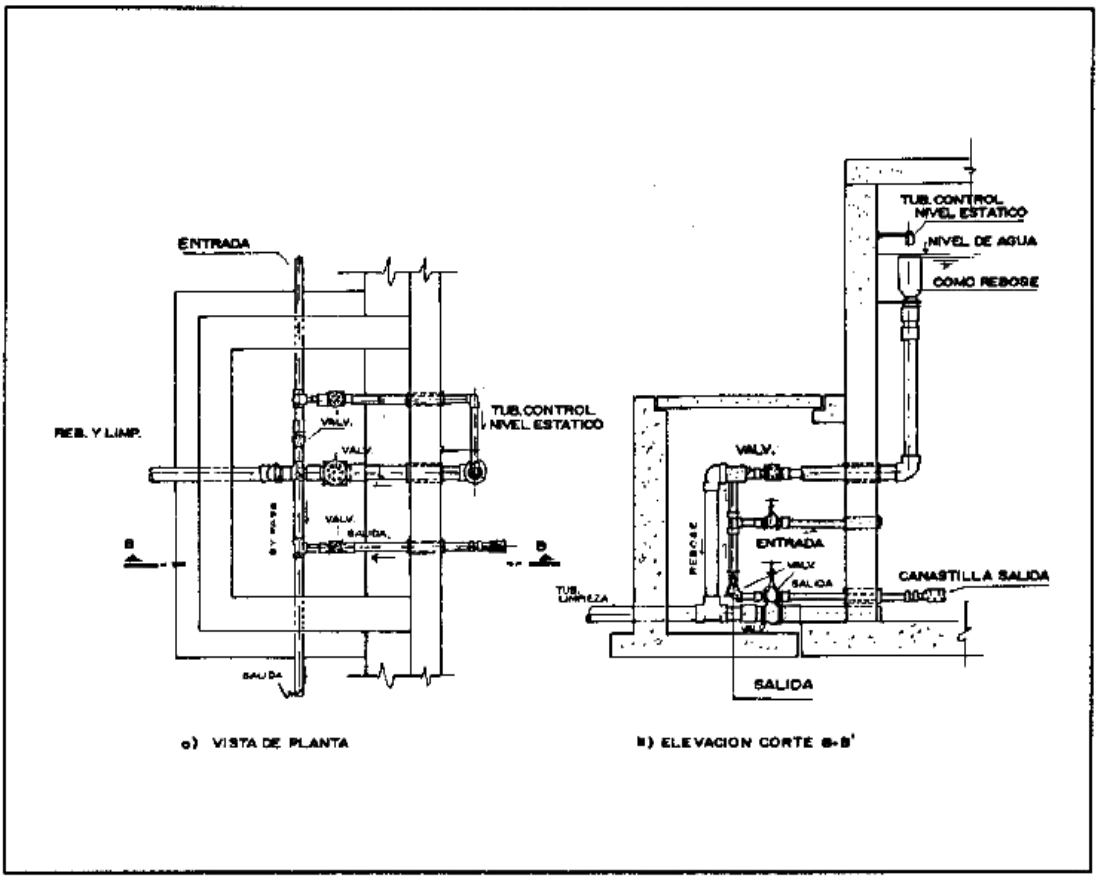


Figura 15: Carga Disponible en línea de conducción

1.3.8.3.Línea de aducción

Parte del sistema de abastecimiento constituido por obras de arte, tubería y accesorios (piezas especiales) que permiten el transporte de agua entre el reservorio y la red de distribución.

1.3.8.4. Red de distribución, (Agüero, 1997)

La red de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al pueblo (final de la línea de aducción) y que se desarrolla por todas las calles de la población.

El programa a usar para el calculon de la red de distribución usa la ecuación de HAZEN WILLIAMS para el calculo de perdidas de carga.

Las formulas de HAZEN WILLIAMS son:

$$Q = 0.2785 \times C \times D^{263} \times S^{0.54} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(13)$$

$$S = \left[\frac{Qmd}{0.2785\ x\ C\ x\ D^{263}}\right]^{1/0.54} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

$$V = 0.3547 \times C \times D^{0.63} \times S^{0.54} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(15)$$

$$S = \frac{H}{L} = Pérdida\ de\ Carga\ en\ m/m$$

Donde:

Q =Caudal (l/s)

C =coeficiente de flujo

Tabla 9

Valores de C Para Diferentes Tipos de Tuberías

VALORES DEL COEFICIENTE "C"	
Tuberías de fierro fundido	100
Tuberías de concreto	110
Tuberías de acero	120
Tuberías de asbesto cemento, PVC	140

D = Diámetro del tubo

S = Pendiente

H = Perdida de Carga (m)

L = longitud del tramo en (km)

a. Consideraciones básicas de diseño

La red de distribución se debe calcular considerando la velocidad y presión del agua en las tuberías.

Se recomiendan valores de velocidad mínima de 0.6 m/s y máxima de 3.0 m/s. Si se tiene velocidades menores que la mínima, se presentaran fenómenos de sedimentación; y con velocidades muy altas, se producirá el deterioro de los accesorios y tuberías.

La presión mínima depende de las necesidades domésticas, y la máxima influye en el mantenimiento de la red, ya que con presiones elevadas se originan perdidas por fugas y fuertes golpes de ariete.

Las Normas Generales del Ministerio de Salud, recomiendan que la presión mínima de servicio en cualquier parte de la red no sea menor de 5 m. y que la presión estática no exceda de 50 m.

En las Normas del Ministerio de Salud se establece que el diámetro mínimo a utilizarse en la red, será aquel que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red y su capacidad deberá ser tal que pueda absorber en el futuro la instalación de conexiones domiciliarias. El diámetro mínimo recomendado es de 3/4".

Las válvulas, según las Normas mencionadas, se deben ubicar para aislar tramos no mayores de 300 m. o en lugares que garanticen el buen funcionamiento del sistema y permitan interrupciones para realizar las ampliaciones y reparaciones en la red.

1.3.8.5.Terminología básica

- **Aforo**
  Determinación del caudal que pasa por una sección definida

- **Agua Superficial:**
  Término para describir las aguas pluviales que corren sobre la tierra (p.ej. no se infiltran en el terreno). El agua superficial, a diferencia del agua subterránea, no es generalmente segura para su consumo ya que acumula patógenos, metales, nutrientes, compuestos químicos y fluye sobre superficies contaminadas.

- **Caudal**
  Volumen de agua por unidad de tiempo. Normalmente medido en litros por segundo (L/s).

- **Caudal de Explotación**
  Caudal recomendable a captar, con un máximo determinado por el derecho de aprovechamiento legalmente constituido y el comportamiento de la obra de captación.

- **Caudal Disponible**
  Corresponde al caudal existente en un punto menos la demanda de recursos hídricos, conformada por derechos de aprovechamiento, usos a respetar y la demanda ambiental.

- **Ciclo Hidrológico**
  Fenómeno cíclico que comprende la evaporación de las aguas, su transporte en forma de nubes a otros sectores más altos donde precipitan en forma de lluvia o nieve, para escurrir superficial y subterráneamente hasta el mar.

- **Contaminación del Agua**
  Alteración de la calidad del agua por la acción antrópica en la medida tal que perjudique todos o alguno de sus usos actuales o previstos, en detrimento de la salud de las personas, de la preservación de la naturaleza o de la conservación del recurso.

- **Derecho de Aprovechamiento**
  Derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe el Código de Aguas. Se expresa en volumen por unidad de tiempo.

- **Desinfección**
  Proceso físico químico que permite la eliminación o destrucción de organismos patógenos presentes en el agua.

- **Fuente para abastecimiento de agua potable**
  Aguas superficiales o subterráneas que se pueden usar para el consumo humano, previo tratamiento.

- **Gradiente Hidráulico:**
  La pendiente de la superficie de un líquido en una tubería, p.ej. el líquido fluirá por el gradiente hidráulico del sistema y si hay un flujo de ingreso que es más bajo que el gradiente, el agua fluirá hacia arriba para encontrar la línea del gradiente.

- **Operación y Mantenimiento:**
  Todo trabajo relacionado con las actividades diarias que mantienen funcionando suave-mente un proceso o sistema para evitar retrasos, reparaciones y/o períodos de inactividad.

- **Obra de captación de agua superficial**
  Conjunto de obras y mecanismos, a nivel del terreno, para el aprovechamiento de aguas superficiales. Pueden ser de carácter permanente o temporal.

- **Sistema Por Gravedad**
  Se define porque el agua cae por su propio peso, desde la captación al reservorio y de allí a las conexiones domiciliarias. (Alianza por el agua 2017)

1.4. Formulación del problema

De acuerdo a la situación actual presentada se desea analizar un número de percances y soluciones optadas para plantear una solución a esta problemática en el presente proyecto de investigación y por lo tanto nos proyectamos la siguiente interrogante: **¿Qué solución puedo optar en el proyecto de investigación para disminuir el índice de enfermedades de**

origen hídrico y que se consuma agua de calidad en la población de la localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, provincia y región San Martin?

1.5. Justificación del estudio

El planteamiento de un proyecto de sistema de agua potable al servicio de la población apunta a reducir las enfermedades diarreicas y enfermedades transmitidas a través del agua entre los pobladores. También ayudará a mejorar la calidad de vida de las personas ya que la falta del servicio de agua potable apropiado no solamente sirve como fuente de enfermedades, sino además se puede robar a los seres humanos su dignidad humana básica. Además, porque se establecerá la cobertura del servicio en su totalidad a toda la población, cumpliendo con el derecho primordial de agua para todos.

1.6. Hipótesis

Para el desarrollo de este proyecto de investigación nos planteamos la siguiente hipótesis: **"El sistema del servicio de abastecimiento de agua potable proyectado para la localidad de Shilcayo, ayudará a disminuir el índice de enfermedades de origen hídrico y el consumo de agua de calidad en la población de la localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, provincia y región San Martin".**

1.7. Objetivos

Objetivo general

Diseñar un nuevo sistema de abastecimiento de Agua Potable para la Localidad de Shilcayo, distrito de Chazuta, provincia y región San Martín.

Objetivos específicos

- Realizar estudios de suelos del lugar donde se ubicará las componentes del sistema.
- Realizar el estudio topográfico.
- Realizar el Diseño hidráulico y estructural de las obras componentes del sistema de abastecimiento de agua potable, desde la captación hasta la red de distribución.
- Diseñar una óptima red de abastecimiento que tenga una total cobertura a la población.

CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

- **Recursos humanos**

  El recurso humano utilizado en el presente proyecto fue dado por los siguientes:

  - Tesista
  - Topógrafo
  - Laboratorista de suelos

- **Recursos materiales**

  Los materiales usados son:

  - Clavos
  - Pintura
  - Alimentos no perecibles
  - Libreta topográfica
  - Botas de jebe
  - Palanas
  - Jalones
  - Miras

- **Recursos de equipos**

  Los equipos utilizados para la realización del presente proyecto fueron tales como:

  - Estación total
  - Prismas
  - Laptops
  - GPS
  - Nivel topográfico
  - Equipos de laboratorio de suelos

- **Recursos informáticos**

  Se recurrió a datos estadísticos provenientes del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI); además, de páginas relacionadas al tema de abastecimiento de agua en zonas rurales.

2.2. Metodología

2.2.1. Métodos de análisis de datos

- **Metodología del trabajo de campo (ingeniería del proyecto)**

a) Topografía

Se realizaron las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la zona del proyecto: Se ubicó en campo las diferentes estructuras del proyecto.
- Nivelación planimétrica: Se realizó el levantamiento planimétrico con niveles de los puntos de control.
- Levantamiento topográfico a detalle: Se realizó el levantamiento de las zonas donde proyectarían los componentes del proyecto

Una vez definido el trazo definitivo se determinó la ubicación de los siguientes elementos:

- ✓ **Captación**

  Para el proyecto la captación se encontrará ubicada a una cota de terreno de 267.08 msnm, su estructura será a base de concreto armado, conformado por un barraje fijo, una cámara húmeda de captación y una cámara de válvulas, ambas con tapas de inspección.

- ✓ **Línea de conducción**

  El tramo entre la captación y el reservorio comprende de 2705.00 metros de longitud, el cual en su trayecto existirán estructura de pase, plantas de tratamiento, válvulas de purga y válvulas de aire.

  Irá desde la cota 267.08 msnm (captación) a la cota 218.46 msnm(reservorio)

- ✓ **Línea de aducción**

  El tramo entre el reservorio y la red de distribución comprende de 144.28 metros de longitud.

- ✓ **Sedimentador**

  Para el proyecto, el sedimentador se encontrará ubicada a una cota de terreno de 242.84 msnm, su estructura será a base de concreto armado el cual tendrá zona de entrada, zona de sedimentación, zona de salida y zona de recolección de lodos

- ✓ **Filtro lento**

  Para el proyecto, el filtro lento se encontrará ubicada a una cota de terreno de 220.35 msnm, su estructura será a base de concreto armado.

Contará con una estructura de ingreso, caja de filtros, estructura de salida y una caja de recolección de agua filtrada

- ✓ **Reservorio**

  Para el proyecto, el reservorio se encontrará ubicada a una cota de terreno de 218.46 msnm, su estructura será a base de concreto armado.

  Contará con una estructura de almacenamiento y una estructura de caja de válvulas.

- ✓ **Estructuras de pase**

  Se pudo distinguir en el trazo de la tubería de conducción que se cruzan quebradas y depresiones que hacen que se deba realizar obras de arte que garanticen y permitan la conducción del agua a la planta de tratamiento. Se pudo localizar 4 pases de quebrada y 2 pases aéreos.

- ✓ **Cajas de válvulas**

  Válvulas de aire: En el sistema se proyectan 2 válvulas de aire automáticas para poder disipar el golpe de ariete producido por efecto del movimiento oscilatorio del agua en la tubería. Las válvulas de aire estarán ubicadas en la progresivas 1 + 890.00 y 2 + 140 respectivamente.

  Válvulas de purga: En el sistema se proyectan 3 válvulas de purga para evitar la obstrucción por lodos o sedimentos en las cotas más bajas de la línea de conducción. Las válvulas están ubicadas en las progresivas 0 + 913.00, 1 + 800.00 y 2 + 212.00 respectivamente como se representan en los planos.

b) Estudio de mecánica de suelos

Se realizó 4 calicatas a cielo abierto para poder determinar los diferentes estratos y buscar posibles estratos de cimentación de las estructuras de los componentes del sistema.

Sobre las muestras tomadas se efectuaron los siguientes análisis:

- Análisis granulométrico
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Capacidad portante de suelo.

c) Estudio de la fuente de agua superficial

Para el estudio de la fuente se tuvo el apoyo de la Municipalidad Distrital de Chazuta, el cual existía un estudio de la fuente de un proyecto ambiguo que no se

llegó a concretar, pero que los análisis son muy bien detallados y dirigidos a la empresa INCIVE.

Los datos obtenidos se muestran en los anexos.

d) Cálculo poblacional y dotación

- ✓ **Población de diseño**

Para el cálculo de la población de diseño, usaremos la fórmula de crecimiento aritmético:

$$Pf = Pa\ x \left\{1 + \frac{r * t}{100}\right\}$$

Donde:

Pf = Población Futura

Pa = Población Actual

r = Razón de Crecimiento

t = Tiempo en años

Realizado el estudio poblacional se determinó que la población de la localidad de Shilcayo cuenta con una población de 574 habitantes correspondiente al año 2019, en el año 2017 contaba con una población de 553 habitantes, el cual se puede verificar que la tasa de crecimiento poblacional en la localidad es de:

$$574 = 553\ x \left\{1 + \frac{r\ x2}{100}\right\}$$

$$r = 1.90\ \%$$

Obtenido la tasa de crecimiento poblacional se calcula la población futra

$$Pf = 574x \left\{1 + \frac{1.90 * 20}{100}\right\}$$

$$\boldsymbol{Pf = 793\ hab}$$

- ✓ **Dotación asumida**

Por tratarse de población rural y según los cuadros proporcionados por el ministerio de salud se trabajará con una dotación promedio de 80 lit/hab/día

- ✓ **Consumo promedio diario anual**

$$Qp = \frac{Vc}{86400} = \frac{Pf\ x\ D}{86400}$$

Donde:

Qp = Consumo Promedio Diario Anual

Vc = Volumen de Consumo

Pf = Población de Diseño

D = Dotación Asumida

$$Qp = \frac{793\ x\ 80}{86400}$$

Qp = 0.734 l/ S.

- ✓ **Caudal máximo diario**

Qmd = Qp x K1

Donde:

Qmd = Caudal Máximo Diario

Qp = Caudal Promedio Diario Anual

K1 = Coeficiente del día de mayor consumo; Varía entre 1.20 a 1.50 según normas del ministro de salud para efectos de cálculos se recomienda usa K1 = 1.3.

Qmd = 0.734 x1.30

Qmd = 0.954 L / s.

- ✓ **Caudal máximo horario.**

Qmh = Qp x K2

Donde:

Qmd = Caudal Máximo Horario

Qp = Caudal Promedio Diario Anual

K2 = Coeficiente de la hora mayor consumo

Para poblaciones rurales K2=1.5 según normas del Ministro de Salud

Qmh = 0.734 x 1.5

Qmh = 1.101 L / s.

e) Metodología del aforo

Mediante el método empírico se obtiene información para el diseño de la captación como son: Tiempo de aforo en escases de lluvia, velocidad de la fuente y caudal en escasez de lluvia.

MARGEN DERECHA

MARGEN IZQUIERDA

L= 5.30 m

1	I	H	G 2
5 3	D C	E B	F 6 A 4

Figura 16: Tramo en que se Aforo la Quebrada Shilcayo

Tabla 10

Tiempo de Aforo de la Cuenca en Escases de Lluvia

DESCRIPCION	**TIEMPO DE AFORO EN ESCACES DE LLUVIA**			
NUMERO DE MEDICIONES	1	2	3	4
TIEMPO (S)	25	27	26	26
TIEMPO PROMEDIO	26			
NUMERO DE MEDICIONES	LARGO =2-4 =G-A=H-B=1-C=1-3=9.00			

Velocidad de la fuente

$$V = \frac{LONGUITUD\ DEL\ TRAMO\ EN\ QUE\ SE\ AFORO}{TIEMPO\ DEL\ TRAMO\ EN\ QUE\ SE\ AFORO}$$

$$V = \frac{9.00\ m}{25.00\ s}$$

V = 0.346 m / s.

Tabla 11

Caudal de Aforo de la Cuenca en Escasez de Lluvia

CAUDAL EN ESCACES DE LLUVIAS QUEBRADA SHILCAYO															
DESCRIPCION	**AFORO EN ESCASES DE LLUVIA**														
Tramo (ancho)	1 – 2					5 – 6					3 – 4				
Longitud de Tramo (m)	5.30					5.30					5.30				
Sección	1	I	H	G	2	5	D	E	F	6	3	C	B	A	4
Longitud de sección (m)	1-I =1-H=H-G=G-2= 1.325 m					5-D=D-E=E-F=F-6= 1.325 m					3-C=C-B=B-A=A-4= 1.325 m				
Profundidad (m)	0	0.305	0.725	0.312	0	0	0.343	0.712	0.366	0	0	0.335	0.697	0.385	0
Profundidad Promedio (m)	0.2684					0.2842					0.2834				
Área del tramo (m^2)	1.4225					1.5063					1.5020				

$$Q = CAUDAL\ DE\ LA\ FUENTE = \frac{VOLUMEN\ TOTAL}{TIEMPO\ PROMEDIO}$$

VOLUMEN ENTRE SECCIONES 1 – 2 y 5 - 6 = V_1

$$A_1 = \frac{(AREA\ SECCION\ 1-2\ ) + (AREA\ SECCION\ 5\ -6\ )}{02}$$

$$A_1 = \frac{1.4225+1.5063}{2} = 1.4644$$

L_1= 4.5m

$V_1 = A_1 \times L_1$

V_1 = 1.4644 x4.5

V_1= 6.5898 m3

Volumen entre secciones 5- 6 y 3 - 4 = V_2

$$A_2 = \frac{(AREA\ SECCION\ 5-6\ ) + \ (AREA\ SECCION\ 3-4)}{2}$$

$$A_2 = \frac{1.5063 + 1.5020}{2}$$

A_2 = 1.5042 m_2

L_2 = 4.5 m

V_2 = A_2 xl2

V_2 = 1.5042 x 4.5

V_2 = 6.7689 m^3

VOLUMEN TOTAL = V_1 + V_2

VOLUMEN TOTAL = 6.5898 + 6.7689

VOLUMEN TOTAL = 13.3587 m^3

Q =(13.3587 m^3) / 26s

Q = 0.5138 m^3/s

El caudal disponible de la fuente de captación en escases de lluvias es 0.5138 m3/s. El cual cumple con las condiciones para disponer del recurso.

f) Procesamiento de la información

1. Bases de Diseño

✓ **Captación**

Para el proyecto se planteó realizar el cálculo hidráulico del barraje y captación:

- **Barraje:**

Tabla 12

Cálculo de barraje

(DISEÑO DEL BARRAJE SEGÚN EL TEXTO "LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE TOMAS DE CAPTACIÓN" DE HUGO AMADO ROJAS RUBIO)

1. Longitud del barraje

En función del ancho del cauce

L	**longitud del barraje**	**5.30**	**m**	

2. Altura del barraje

P	**Altura del azud**	**0.9**	**m**	
h_o	Altura de la toma	0.6	m	Asumido
h	Altura de la ventana de la captación	0.2	m	Asumido
r	Resguardo	0.1	m	Asumido
d	Diámetro conducción salida	0.073	m	
H	Carga de agua disponible	0.627	m	

3. Altura de agua sobre el vertedero

Q_p (l/s)= 1.838 L x $H^{(3/2)}$
Fórmula de Francis

L	longitud del barraje	5.30	m
Q	caudal a aliviar	0.5138	m3/s
H_d	**altura sobre vertedero**	**0.222**	**m**

4. Velocidad de llegada

v=Q/(L*H)

v	**velocidad de llegada**	**0.87**	**m/s**
Q	caudal a aliviar	0.5138	m3/s
L	longitud del barraje	5.3	m
H_d	altura sobre vertedero	0.22	m

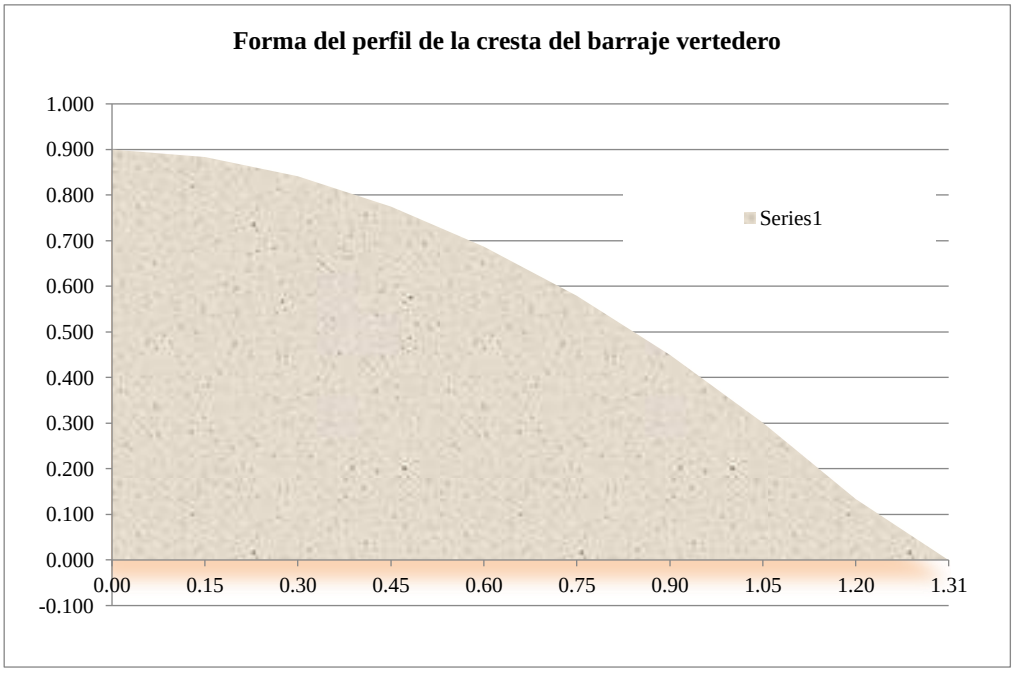
5. Forma del perfil de la cresta del barraje vertedero

$X^{1.85}=2(H_d)^{0.85}$
Y

H_d	Calado de agua aguas arriba del barraje	0.90	m

x	y	H-Y
0.00	0.000	0.900
0.15	0.016	0.884
0.30	0.059	0.841
0.45	0.125	0.775
0.60	0.213	0.687
0.75	0.321	0.579

0.90	0.450	0.450
1.05	0.598	0.302
1.20	0.766	0.134
1.31	0.900	0.000



6. Dimensiones del colchón disipador

VELOCIDAD Y TIRANTE AL PIE DEL AZUD

$$v_1=(2g\cdot(C_0-C_1+P+H-d_1+v_H^2/2g-hf_{0-1}))^{1/2}$$

C_0	cota del terreno aguas arriba del azud			
C_1	cota del colchón disipador			
$r=C_0-C_1$	Entre 0.5-1.0	0.5	m	Asumido
P	altura del barraje	0.9	m	
H	altura lámina vertiente	0.22	m	
d_1	tirante del río al pie del talud (≥0.1m)	0.2532	m	Asumido
hf_{0-1}	pérdida de carga entre 0 y 1			
	$0.1\cdot v_H^2/2g$	0.0038	m	
v_H	velocidad en la cresta del barraje	0.87	m/s	
v_1	velocidad al pie del talud	5.25	m/s	

Comprobación: $v_1=Q/(L*d_1)$

		0.76	m/s	

TIRANTE CONJUGADO

$d_2=-d_1/2+(d_1^2/4+2\cdot(v_1^2/g)\cdot d_1)^{1/2}$

d_2	**tirante conjugado**	**1.07**	**m**	
d_1	tirante del río al pie del talud (≥0.1m)	0.2532	m	
v_1	velocidad al pie del talud	5.25	m/s	

LONGITUD DEL COLCHÓN DISIPADOR

	Schoklitsch	$L=(5 \text{ a } 6)\cdot(d_2-d_1)$		
L	**longitud del colchón disipador**	**4.50**	**m**	
d_1	tirante del río al pie del talud (≥0.1m)	0.2532	m	
d_2	tirante conjugado	1.07	m	
	constante (5 a 6)	5.5		Asumida
	Safranez	$L=6\cdot d_1\cdot F_1$		
L	**longitud del colchón disipador**	**5.06**	**m**	
F1	$v_1/(g\cdot d)^{1/2}$	3.33		
v_1	velocidad al pie del talud	5.25	m/s	
d_1	tirante del río al pie del talud (≥0.1m)	0.25	m/s	
L	**longitud del colchón disipador**	**6.5**	**m**	ADOPTADA

- **Captación:**

Tabla 13

Cálculo de Captación

Datos de Entrada		
Población 2019(Po)	**574**	**hab**
Dotación percapita(dot):	**80**	**l/hab/d**

Tasa de crecimiento Anual (r) **1.9%**

Periodo de Diseño (t) **20 años**

1. Calculo de la Poblacion Futura (Pf)

Pf (hab) = Po (1+r/100*t)

Pf = 793 hab

2. Calculo del Caudal Promedio (Qp)

Qp= 0.734 l/s **(NOTA: DATO DE HOJA DE CALCULO DE DEMANDA)**

3. Calculo del Caudal Maximo diario (Qmd)

Qmd= 1.3 (Qp)

Qmd= 0.954 l/s

4. Calculo del Tirante Medio del Agua (m)

Qp (l/s)= 1.838 L x H¨(3/2) Formula de Francis

Considerando : L = 5.30 m Ancho del Vertedero

Q aforo = 0.5138 m^3/s Caudal Mínimo de Aforo de la Quebrada

H = 0.22215 m

5. Calculo del Tirante Maximo del Agua (m)

Qp (l/s)= 1.838 L x H¨(3/2) Formula de Francis

Considerando : L = 5.30 m Ancho del Vertedero

Q aforo =	3.18	m^3/s	Caudal Máximo de Aforo de la Quebrada
H =	**0.47410**	**m**	

6. Calculo de la velocidad de paso por la compuerta de entrada del caudal de diseño (m)

V*=Qmd/A

Considerando :	a=	0.25	m	ancho de la compuerta
	b=	0.1	m	altura de la compuerta
	Q md =	0.00095408	m^3/s	Caudal Máximo Diario
V* =	**0.038**	**m/s**		

7. Calculo de la eficiencia de paso en la compuerta lateral (%)

E= a* / (a*+t)

Considerando :	a*=	1	pulg	espesor de la barra
	t=	0.21	pulg	espaciamiento de cada barra
				son 8 barras
E =	**0.830**			

8. Calculo de la Perdida de Carga en la entrega de la Compuerta (m)

Hf (m) = K x (t/a)* (4/3) Sen b x V x V / (2g) Formula de Kirschmer

Considerando :	k=	2.42		Se asume por ser de sección rectangular
	a =	1	pulg	
	t =	0.21	pulg	
	b=	90°		
	V=	0.03	m/s	Vel. aguas arriba de la reja (V=V*xE)
	g=	9.8	m/s^2	

Hf1 =	**0.000019**	**m**	

Hf (m) = 1.143 x (V*2-V¨2)/ 2g Formula de Metcalf & Eddy

Hf2 =	**0.000031**	**m**	

9. Calculo de la caja de regulación y distribución de caudal

Vr = Q x T

Considerando :	Q aforo =	1.02	m^3/s	Caudal Mínimo de Aforo de la fuente
	T=	0	s	Tiempo de retención
	h=	0.23	m	Altura de la caja de regulación
	Ancho =	2 x Largo		

Vr =	**0.0828**	**m3**
Ancho =	**0.6**	**m**
Largo =	**0.6**	**m**

10. Calculo del tirante de agua en el vertedero triangular y el nivel de rebose de la caja de regulación

Q = 1.4 x H*(5/2) Formula de Thomson

Considerando :	Q diseño =	0.00095	m^3/s	Caudal Máximo Diario

H =	**0.05**	**m**	**Tirante de agua en el vertedero**
Nivel de Rebose =	**0.28**	**m**	**Sobre el nivel de fondo de la caja de distribución**

11. Determinación del Diametro de la Linea de Conduccion (D)

$Vc=1.974*Qmd/D^{\wedge 2}$

D= Raiz(1.974*Qmd/Vc)--->D(pulg), Qmd(L/s), Vc(m/s)=Recomendable: 1.0m/s-1.5m/s, Vc>0.6 m/s

Asumiendo Veloc (Vc) =	1.2	m/s
D=	1.253	pulg

Diametro Comercial D=	**1.5**	**pulg**
Velocidad Recalculada Vc=	**0.84**	**m/s**

12. Diametro de la canastilla de salida (comienzo de la conduccion) (Dc)
Dc=2*D+1

Dc=	**3.00**	**pulg**

13. Determinar el Numero de Ranuras de la canatilla(n1) y su longitud (lc)

Si cada ranura de la canastilla tiene dimensiones
definidas: a * l
Entonces: Qmd = Cd*(n1*a*l)*V --> Qmd(m3/s), Cd = 0.6-0.8, a y l (metros), V=Vc(m/s)
n1= Qmd/(a*l*V)

Asumiendo un Cd=	0.6	

l=1/4*p*Dc

l (calculado)=	0.060	m
a(asumido)=	0.0015	m
n1=	**21.16**	
n1=	**22.00**	**ranuras**

lc=2*(12a)+n1*a+(n1-1)*6a

lc=	0.258	m
lc=	26	cm

14. Determinacion del diametro de la tuberia de rebose (Dr)
Dr=Raiz(1.974*Qmd/Vr) ---> Dr(pulg), Qmd(L/s),
Vr=0.5 m/s

Vr(asumida)=	0.5	m/s
Dr=	1.9	pulg
Diametro Comercial Dr=	**2**	**pulg**
Velocidad Recalculada Vr=	**0.47**	**m/s**

- ✓ **Línea de conducción**

Calculo hidráulico:

Para el diseño de la línea de conducción se definió la ubicación de las estructuras para el tratamiento del agua en este caso dicha estructuras se ubican entre las progresivas que se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 14

Ubicación y Cotas Para Diseño de Línea de Conducción

ESTRUCTURA	PROGRESIVA	COTA
Captación	0+000	267.08
Sedimentador	1 + 320	242.56
PTAP	2 + 690	220.35
Reservorio	2 + 705.10	218.46
Total Tramo Captación - Sedimentador	L = 1320.00 m	H=24.52
Total Tramo Sedimentador- Captación	L=1370.00 m	H=22.21

La selección del diámetro de tubería se realizará mediante la fórmula de HZEN WILLIAMS.

$$Q = 0.2785 \text{ x } C \text{ x } D^{263} \text{ x } S^{0.54}$$

$$S = \left[\frac{Qmd}{0.2785\ x\ C\ x\ \ D^{263}}\right]^{1/0.54}$$

$$V = 0.3547 \text{ x } C \text{ x } D^{0.63} \text{ x } S^{0.54}$$

$$S = \frac{H}{L} = Pérdida\ de\ Carga\ en\ m/m$$

Donde

Q = Qmd = Caudal o Flujo = 0.954 lit / seg = 0.000954 m^3 / seg

C = Coeficiente del flujo.

Para el caso nuestro C = 140…… (Ver el cuadro 08)

$$S = \frac{H}{L}$$

Tramo captación - sedimentador:

$$S = \frac{H}{L}$$

$$D1 = \left[\frac{Qmd}{0.2785\ x\ C\ x\ \ S^{0.54}}\right]^{1/2..63}$$

D1 = 0.040 = 1.5”

Tramo sedimentador – PTAP

$$S = \frac{H}{L}$$

$$D2 = \left[\frac{Qmd}{0.2785\ x\ C\ x\ \ S^{0.54}}\right]^{1/2..63}$$

D2= 0.041 = 1.5”

Tabla 15
Cálculo de la Línea de Conducción

CONDUCCIÓN PARA CAUDAL MÁXIMO DIARIO
CAPTACIÓN QUEBRADA SHILCAYO-RESERVORIO

P.K.	Cota	longitud (m)	C (pie)/seg	Carga H Disponible	Qmd (L/s)	Ø com ext (inch/mm)	Tipo Tubería	Ø com ext (mm)	Ø com int (mm)	v=q/a (m/s)	P. carga Hf (m)	Cota Piez. (msnm)	Presion Ll. (mca)	Notas
0+000.00	267.077	0.000	140	0.63	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	267.70	0.63	CAPTACIÓN
0+620.00	235.581	10.000	140	32.12	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	260.94	25.36	INICIO PASO QUEBRADA
0+630.00	235.764	10.000	140	31.94	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	260.83	25.07	FINAL PASO QUEBRADA
0+902.20	230	2.200	140	37.70	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.02	257.86	27.86	INICIO PASO AÉREO
0+912.20	230	2.200	140	37.70	0.954	1 1/2	Fº.G.	76.00	65.00	0.29	0.00	257.84	27.84	FINAL PASO AÉREO
0+912.20	230	0.000	140	37.70	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	257.84	27.84	V. PURGA
1+320.00	242.838	10.000	140	24.87	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	253.39	10.55	COTA TERRENO SEDIMENTADOR
1+320.00	242.561	0.000	140	25.14	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	253.39	10.83	CLAVE ENTRADA SEDIMENTADOR
1+320.00	242.561	0.000	140	0.28	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	242.84	0.28	ROTURA CARGA
1+320.00	242.838	0.000	140	-	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	242.84	-	LÁMINA DE AGUA
1+320.00	242.511	0.000	140	0.33	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	242.84	0.33	CLAVE SALIDA SEDIMENTADOR
1+514.50	215.6	4.500	140	24.31	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.05	237.90	22.30	INICIO PASO AÉREO
1+524.50	215.6	4.500	140	24.31	0.954	1 1/2	Fº.G.	76.00	65.00	0.29	0.01	237.88	22.28	FINAL PASO AÉREO
1+664.30	202	4.300	140	37.91	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.05	236.36	34.36	INICIO PASO QUEBRADA
1+669.30	202.358	5.000	140	37.55	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.05	236.30	33.94	FINAL PASO QUEBRADA
1+800.00	197.507	10.000	140	42.41	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	234.88	37.37	V. PURGA

1+800.00	197.507	0.000	140	42.41	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	234.88	37.37	INICIO PASO QUEBRADA
1+810.00	197.78	10.000	140	42.13	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	234.77	36.99	FINAL PASO QUEBRADA
1+890.00	215.142	10.000	140	24.77	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	233.89	18.75	V. AIRE
2+203.00	200.4	3.000	140	39.51	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.03	230.48	30.08	INICIO PASO QUEBRADA
2+213.00	199.5	3.000	140	40.41	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.03	230.37	30.87	FINAL PASO QUEBRADA
2+212.00	199.5	1.000	140	40.41	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.01	230.38	30.88	V. PURGA
2+600.00	207.879	10.000	140	32.03	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	226.15	18.27	INICIO PASO QUEBRADA
2+610.00	208.006	10.000	140	31.91	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	226.04	18.03	FINAL PASO QUEBRADA
2+690.00	220.353	10.000	140	19.56	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.11	225.16	4.81	PTAP
2+705.10	218.46	5.100	140	4.39	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.06	222.69	4.23	COTA TERRENO RESERVORIO
2+705.10	220.233	0.000	140	2.62	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	222.69	2.46	CLAVE ENTRADA RESERVORIO
2+705.10	220.233	0.000	140	2.62	0.954	1 1/2	C-7,5	48.00	44.40	0.62	0.00	220.23	-	ROTURA CARGA

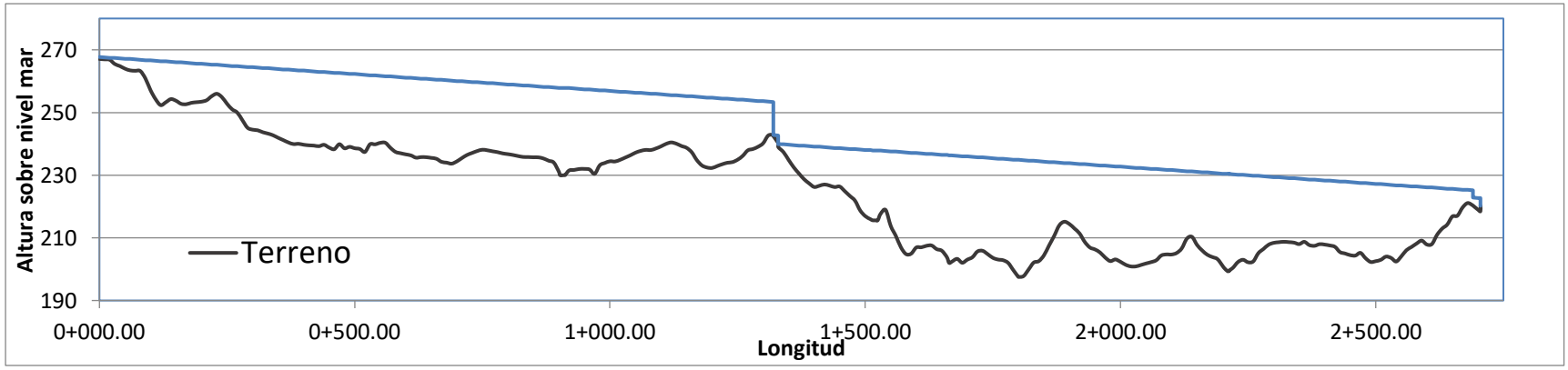


Figura 17: Gráfico de Línea de Gradiente Hidráulico

- ✓ **Sedimentador**

Para la realización de proyecto se tuvo las siguientes consideraciones de diseño:

Tabla 16

Parámetros Sobre Criterios de Diseño Para Sedimentadores

PARÁMETROS	VALORES	SÍMBOLOS
Tiempo de detención (T)	2 – 6	H/V
Carga superficial (m/d)	2 – 10	Q/A
Carga en el vertedero en (l/s x m)	0.8 – 2.0	Q/L
Profundidad (H)	1.5 – 2.5	H
Relación largo/ ancho	4 – 6	L/B
Relación largo / profundidad	5 – 20	L/H

Qmd = 0.954 L / S.

El caudal para el dimensionamiento en un sedimentador será:

Q = Qmd

Q = 0.954 l/s= 0.000954

Velocidad de sedimentación

$Vs = \frac{g}{18}(\frac{\rho_a - \rho}{\mu})(\text{da})^2$

$Donde$:

Vs = velocidad de sedimentación

g = gravedad

ρ_a = densidad de la partícula

ρ = densidad del agua

μ = viscosidad del agua

da = diámetro de la `partícula

Reemplazando datos se obtiene:

V = 0.000104 m / s

Área Superficial de la zona de decantación o sedimentación.

$A_S = Q$ / Vs

$A_s = 0.000954$/ 0.000103

$A_s = 9.262\ m^2$

Ancho de sedimentación

B = 1.50 cm…… (Dato obtenido de parámetro de diseño 1.5 – 2.0).

Longitud de la zona de sedimentación.

L2 = A_s / B

L2 = 9.262/ 1.50

L2 = 6.17 m redondeamos a = 6.20 m

Longitud de la estructura de entrada.

L1 = 0.80 m

Longitud total del sedimentador

Lt = L1 + L2

Lt = 0.80 +6.20

Lt = 7.00 m

Relación largo/Ancho de la zona de sedimentación

L/ B = 6.20 / 1.50

L/ B = 4.13 m…… Se encuentra dentro del rango OK

Altura del sedimentador

H = 0.95 m……Dato obtenido para cumplir con el parámetro de diseño

Relación largo/Alto de la zona de sedimentación.

L2 / H= 6.2 / 0.95

L2/H = 6.52…… se encuentra dentro del rango OK

Velocidad Horizontal del flujo

Vh = $\frac{100\ x\ Q}{B\ x\ H}$

$$Vh = \frac{100\ x\ 0.000954}{1.50\ x\ 0.95}$$

Vh= 0.067 cm / s $< 0.55\ cm/s \quad OK$ … (Dato obtenido de parámetro de diseño)

Tiempo de retención de la unidad.

$$T = \frac{A_s\ x\ H}{3600\ x\ Q}$$

$$T = \frac{9.262\ x\ 0.95}{3600\ x\ 0.000954}$$

T = 2.56 h

Pendiente en el fondo.

S = 10 %…….. Dato obtenido de parámetro de diseño.

Altura máxima en la tolva de lodos

H1 = H + (0.010 x L2) = 0.95 + (0.10 x6.2) = 1.57 m

H1 = 1.57 m

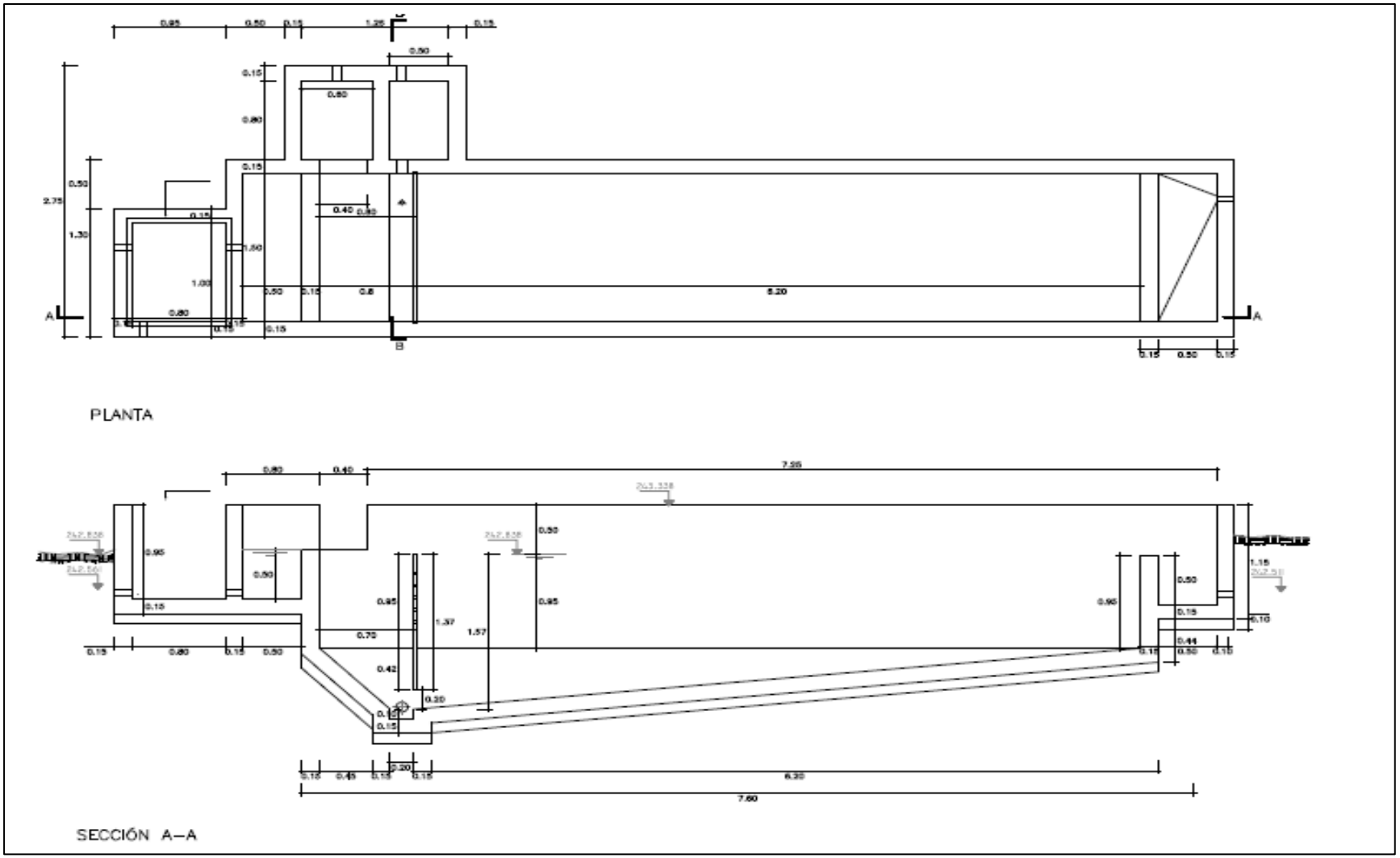


Figura 18: Diseño Geometrico de Sedimentador

- ✓ **Filtro lento**

Para el proyecto se tomó en consideración los parámetros que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17

Resumen de Criterios Para el Diseño de un Filtro Lento

PARÁMETROS	VALORES	SÍMBOLOS
Velocidad de filtración (m/h)	0.10 – 0.30	Vf
Área máxima de cada unidad (m^2)	10 – 100	$QC_{1/}$ VN
Número mínimo de unidades	2	N
Borde libre (m)	0.30 – 0.40	H_1
Capa de agua (m)	1.00 – 1.50	H_2
Altura de lecho filtrante (m)	1.20 – 1.40	H_3
Granulometría de lecho	0.15 – 0.35 mm 1.80 – 2.00	D_{10} C_U
Altura de la capa de soporte (m)	0.20 – 0.30	H_4
Granulometría Grava	CUADRO I	
Altura de drenaje (m)	0.20 – 0.40	H_5

Diseño de filtro lento

Datos:

Caudal de Diseño = 0.954 l / s

Caudal de diseño = 3.434 M^3/ h

Velocidad de filtración = 0.20 m/h. Dato obtenido de Parámetro de diseño.

Número de unidades = 2 Dato obtenido de Parámetro de diseño

Área máxima de cada unidad:

$$A_S = \frac{Qmd}{N\ x\ V}$$

$$A_s = \frac{3.434}{2x0.10}$$

$$A_s = 17.17\ m^2$$

Coeficiente de mínimo costo:

$$K = \frac{2N}{N+1}$$

$$K = \frac{2\ x2}{2+1}$$

K = 1.33

Largo de cada unidad:

$$L = \sqrt{A_s\ x\ K4}$$

L = $\sqrt{17.17\ x1.33}$

L = 4.78……Por facilidades constructivas consideramos L = 4.80 m

Ancho de cada unidad

A = As/L

$$A = 17.17/4.78$$

A = 3.59 m…….. Por facilidades contructivas consideremos A= 3.60 m

Borde Libre = 0.3 m……. Dato Obtenido de Parámetro

Capa de agua = 1.00……... Dato Obtenido de Parámetro

Altura de Lecho Filtrante = 1.10 m…… Dato Obtenido de Parámetro

Altura de la capa soporte = 0.20……. Dato Obtenido de Parámetro

Granulometría de Arena: Tamaño Mínimo = 0.10 mm

Tamaño máximo = 1.00 mm

Granulometria de la grava

Primera capa de 0.05 de espesor de ¼” a 1/8”

Segunda capa de 0.05 m de espesor de ½ a ¼

Tercera capa de 0.10m de espesor de ¾ a ½

Cuarta capa de 0.10m de espesor de 1½ a ¾

Altura de drenaje = 0.20m……. Dato Obtenido de Parámetro

Conclusión:

Se construirá dos filtros de 4.80m de largo por 3.60 m de ancho, con una altura total de 4.00m

- ✓ **Reservorio**

Tabla 18

Cálculo de Reservorio

(Periodo de Diseño: 20 años)				
Datos:				
Capacidad de regulación	=	25	%	(según RNE)
Caudal promedio	=	0.734	l/s	(Año 20)
Caudal máximo diario	=	0.954	l/s	
Volumen de Regulación:				
Vr	=	20.61	m^3	
Volumen de Reserva:	7%Vrg			
Vr	=	1.44	m3	
Volumen de Almacenamiento:				
Vt	=	22.05	m^3	
Volumen Util adoptado:				
V	**=**	**23.3**	**m^3**	
Dimensiones:				
		RECTANGULAR		
Altura	**=**	**1.80**	**m**	
Area	**=**	**12.96**	**m^2**	
Largo	**=**	**3.6**	**m**	
Ancho	**=**	**3.6**	**m**	

- **Datos básicos para el cálculo estructural**

Para el cálculo estructural se realizó mediante el programa SAP2000 teniendo las siguientes consideraciones:

Espesor de pared = 0.15 m……. Se asume.

Zapata, losa de Fondo.

Viga Perimetral.

Losa maciza ……..Fc = 210 kg /cm^2

Tracción directa = 0.10fc = 0.10 x210= 21 Kg / cm^2

Tracción de trabajo = 0.50fc = 0.50 x210 =10.5kg /cm^2

F_Y = 4200 Kg /cm^2

Fs = 1000 kg/ cm^2 Tracción por flexión cara mojada

Fs = 2000kg/cm^2 Tracción por flexión cara seca

✓ **Estructuras de pase**

A. Pase Aéreo L = 20 m

Flecha (F) = $\frac{L}{20} = \frac{20}{20} = 1.00\ m$

Separación entre péndolas = 2.00 m

Diámetro de péndolas = 3/8”……. Fierro liso.

Diámetro de Tuberías = 1.5” ……Tubería Galvanizada e= 3mm

Diámetro de cable tipo boa alma de acero = ½” …. Se asume para Trabajar.

Carga Muerta:

Peso del tubo = $\frac{21.446}{6.40} kg/tubo$ =3.35 kg/m

Peso del agua = $\frac{\pi D^2}{4}\ x\ 1.00\ x\ 1000\ kg = \frac{\pi\ x\ (0.0381)^2}{4}\ x\ 1.00\ x\ 1000\ kg$

Peso del agua = 1.14 kg/m

Peso del cable ½” x 0.69 kg/m ……Cable tipo boa alma de Acero 6/19

Peso de accesorios = (3.4x .56 + 10.00 x 10)/20.00 = 5.09 kg/m

RESUMEN:

Peso del tubo =3.35 kg/m

Peso del agua =1.14 kg/m

Peso del cable 3/4' =0.69 kg/m

Peso de accesorios =5.09 kg/m

TOTAL CARGA MUERTA =10.27 kg/m

Cálculo de la Longitud de Péndulas:

$$Y = \frac{4\,f}{L^2} X^2$$

$$f = 1.00\ m$$

$$L = 20.00\ m$$

Tabla 19

Longitud de Péndolas Para Pase Aéreo de L = 20 M

X	Y	CANTIDAD
0	0.00	02
2	0.04	02
4	0.16	02
6	0.36	02
8	0.64	02
10	1.00	01

Longitud de Péndolas = 3.4 m

Cálculo de la Tensión en el Cable:

$$H = \frac{PL^2}{8\,f} = \frac{10.27\ x\ 20^2}{8\ x\ 1} = 513.5\ kg = 514\ kg$$

$$V = \frac{PL}{2} = \frac{10.27x\ 20}{2} = 102.7\ kg = 103\ kg$$

$$T = \sqrt{H^2 + V^2}$$

$$T = \sqrt{514^2 + 103^2}$$

$$T = 524.22\ kg = 525\ kg$$

Coeficiente de seguridad para el cable = 2.00

Tensión de diseño = 2 x 525

Tensión de diseño = 1050 kg

Seleccionamos un cable tipo boa 6 x 19, alma de acero de 3/8”, cuya resistencia afectiva a la ruptura es:

6.08 ton cada uno.

Obteniéndose una resistencia efectiva a la ruptura de 12.16 Ton >> 1.05 Ton ..Ok

Diseño de Torres:

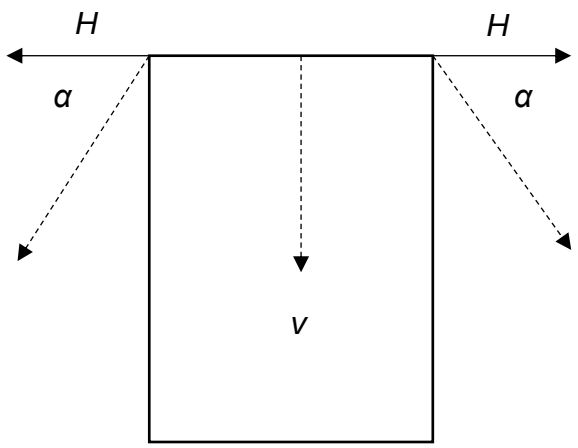


Figura 19: Esfuerzos Actuantes en la Torre de Pase Aéreo L = 20 m

$Tg\alpha = \frac{4F}{L} = \frac{4\ x\ 1}{20} = 0.20$

Arctg 0.20 = 11.3099°

α = 11.3099°

α` = 30°

Esto indica que H >H`, por lo tanto, la torre tiende a inclinarse hacia dentro

H = T Cos α

H` = T Cos α`

V = T Sen α

V` = T Sen α`

H – H` = T (Cos α - cos α`) = 525 (Cos 11.3099° - cos 30°) = 60.14 = 61 kg.

V +V` = T (Sen α + Sen α`) =525 (Sen 11.3099°+Sen 30°) =365.46 = 366 Kg.

Diseño de la Torre

Momentos en la corona del estribo o zapata = Mu

Mu = 2.50 x 61

Mu = 152.5 Kg – m

Mu = 15250 Kg - CM

Considerando para la columna una selección de 0.25 x0.30, en la unión columna – estribo, se tiene:

D = h – (r + Ø/2)

Para

r = 4.00 Cm.

$Ø = 1/2$

Ø/2 = 0.63 Cm

d = 30 – (4+0.63) = 25.37 = 25

Según las formuklas calculamos As

$A_s \frac{Mu}{0.90\ x\ fy\ x\ (d-a/2)}$

a = $\frac{A_s\ xfy}{0.85\ xfc\ xb}$

se obtiene

$A_{s=}$ = 0.15cm^2 ⇨ usamos $A_{s\ min}$

Usaremos

4Ø 5/8

Estribo Ø 3/8”

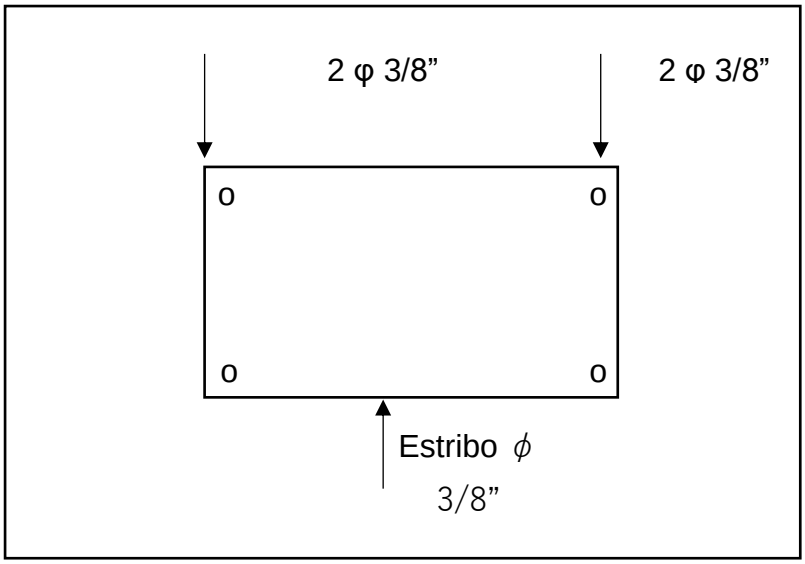


Figura 20: Acero en la Torre del Pase Aéreo L = 20 m

Diseño de la zapata

Carga trasmitida por la torre (V)

V = 366 Kg

Peso de la torre (Pt)

Pt = (0.25 x 0.30 x2.50) x 2400 x2

Pt = 900 Kg

Peso propio de la zapata asumiendo 1 x 1 x 0.8 m (Pe)

Pe = (1.00 x1.00x0.8) x 2300

Pe = 1840 Kg

Carga Total = 1840 +900 +366

Carga Total = 3106 Kg

Área de la base

$\sigma_D \ = 0.97 \ kg/cm^2$

$\sigma_T \ = 0.97 \ Kg/cm^2$

La resistencia de suelo y para efecto de diseño se ha tomado la $\sigma_D = 0.76\ Kg/cm^2$ según estudio de suelos contenidos en los anexos

Ab = $\frac{Q}{\sigma_D} = \frac{3106\ Kg}{0.97\ kg/cm^2}$ = 4086.84 cm^2

Ab = 3202.06 cm^2

Área de la zapata

A = a x b

a = b

A = a^2 = 3202.06 cm^2

a = 56.58 cm

Dimensiones consideradas de la bases del pilón 0.60 X 0.80 m

A = 60cm x 80cm

A = 4,800cm^2

4,800$cm^2 >$ 3202.06 cm^2……ok

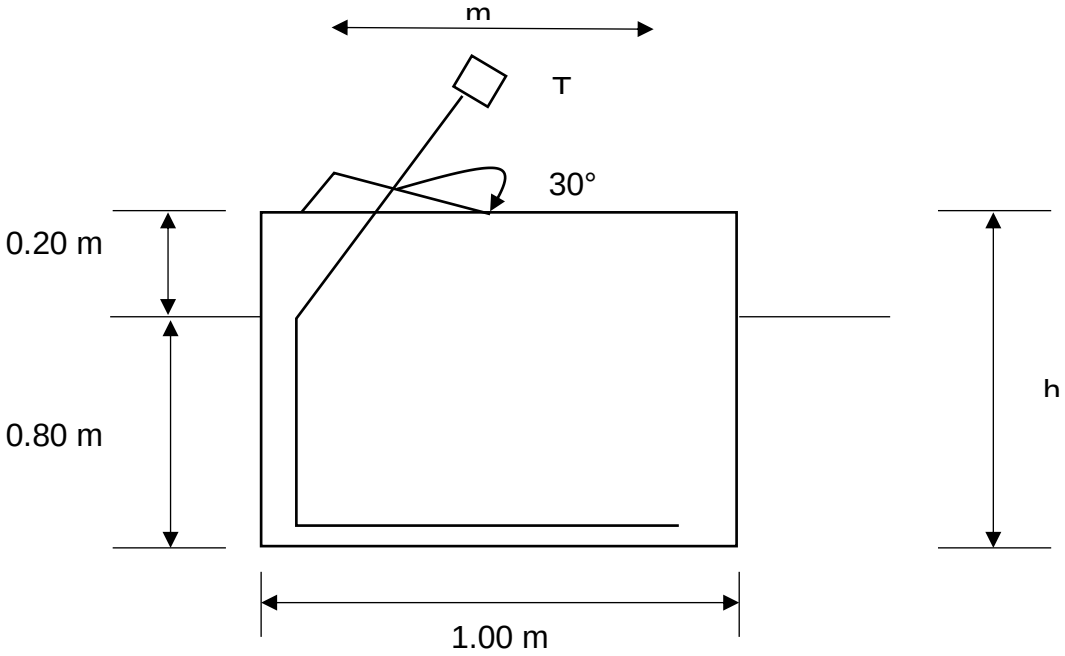


Figura 21: Dimensiones De Cámara De Anclaje Del Pase Aéreo L= 20 m

Consideramos una cámara de 1.00 x 1.00 x 1.0 cuyo peso es:

P = 1.0 x 1.0 x 1.0x 2300

P = 2300 Kg

Estabilidad al volteo

Momento actuante (Ma)

Ma = (T sen 30°) m + (T cos 30°) h

m = 0.20 .h = 2.60, a = 0.50

Ma = (525 x (0.20 sen 30° + 1.cos 30°))

Ma = 507.16 kg – m.

Momento resistente (Mr)

Mr = P x a.

Mr = 2300 x0.50 = 1150 Kg – m

Momento Resistente (1150) > Momento Actuante (507.16)

Resbalamiento

Tx = TCos30° = 525x cos 30° = 454.66 kg

Ty = T sen 30° = 525 x sen30° = 262.50 kg

La componente vertical de la relación es:

Ry= 2300 – 262.50 = 2037.5 kgs

Presión máxima:

Pm= $\frac{2\,Ry}{A} = \frac{2x\ 2037.5\ kg}{100\ x100\ cm^2}$

0.41 Kg/cm^2 < 0.76 kg/cm^2 …….OK

El coeficiente de seguridad de la cámara de anclaje, al deslizamiento debe ser mínimo 2. Esto significa que debe resistir una tensión doble. El peso de la cámara de anclaje menos dos veces la componente vertical es:

P` = 2300 – 2 (262.5) = 1775.00 kg

La fuerza que se opone al deslizamiento será:

P` x f = 1775.00 x 0.70 = 1242.50kgs.

Sobre las paredes laterales actúa el empuje del suelo que es:

E= ½ p * h^2 * tg2 (45 – 8/2) * 2* b

P = 1,600 Kgs, H = 0.80, $\sigma = 35°$, b = 1.00m

E = 0.50 x 1,600 x $(0.8)^2$ tg^2 (45° - 35° / 2) x 2x 1.00

E = 277.49 kg

La fricción que ejerce será:

E * f = 277.49 x 0.70 = 194.24 Kgs.

El empuje pasivo sobre la pared delantera será:

E = 0.50 x 1,600 x $(0.8)^2$ tg^2 (45° - 35° / 2) x 1.00

E = 138.75kgs.

Las fuerzas resistentes en total son:

Fr = 1242.50+194.24 +138.75 = 1575.49 Kgs

1575.49 kgs >2 (454.66) = 909.32 Kgs ……. Ok

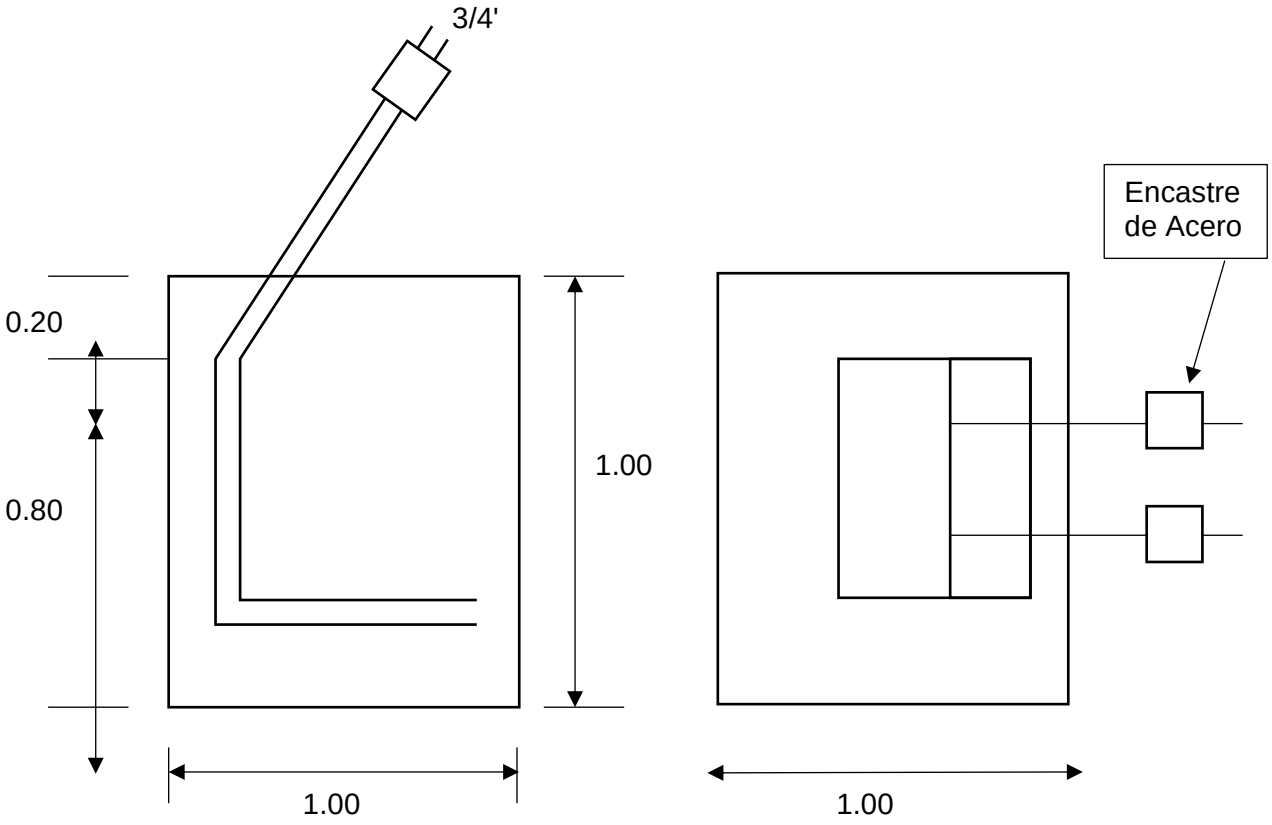


Figura 22: Planta y elevación de cámara de anclaje de pase aéreo

Por lo tanto, las cámaras de anclaje serán de 1.0 x 1.0 x 1.0

- ✓ **Línea de aducción**

Cálculo Hidráulico

Para el diseño de la línea de Aducción primeramente se tendrá en cuenta la ubicación de la línea, en este caso se ubican entre las progresivas 2 + 705.10 y 2 + 834.34 del perfil de la línea.

Tabla 20

Datos de Ubicación y Cotas Que Servirán Para Diseño de Línea de Educación

ESTRUCTURA	PROGRESIVA	COTA
Reservorio	2 + 705.10	220.23
Entrega	2 + 834.34	203.00
TOTAL	L = 129.24 m	H = 17.23 m

La selección del diámetro de tubería se realizará mediante la fórmula de HZEN WILLIAMS.

$Q = 0.2785 \text{ x } C \text{ x } D^{263} \text{ x } S^{054}$

$$S = \left[\frac{Qmd}{0.2785\ x\ C\ x\ \ D^{263}}\right] 1/0.54$$

$V = 0.3547 \text{ x } C \text{ x } D^{0.63} \text{ x } S^{0.54}$

$$S = \frac{H}{L} = Pérdida\ de\ Carga\ en\ m/m$$

Donde:

D = Diámetro del tubo en metros

Q = Qmd = Caudal o Flujo = 0.954 l / s = 0.000954 m^3 / s

C = Coeficiente del flujo. Para el caso nuestro C = 140… (Ver el cuadro 08)

H= 17.23 m

L= 129.24 m

Reemplazando los datos en las ecuaciones se obtiene:

$$D1 = \left[\frac{Qmd}{0.2785\ x\ C\ x\ \ S^{0.54}}\right]^{1/2..63}$$

D = 0.027

Se toma como diámetro de la línea de aducción a tubería de 1.5” a fin de evitar la pérdida de carga en el sistema

Para la velocidad se obtiene:

$V = 0.3547 \text{ x } C \text{ x } D^{0.63} \text{ x } S^{0.54}$

Reemplazando datos se obtiene:

V = 2.34 m/s

- ✓ **Red de distribución**

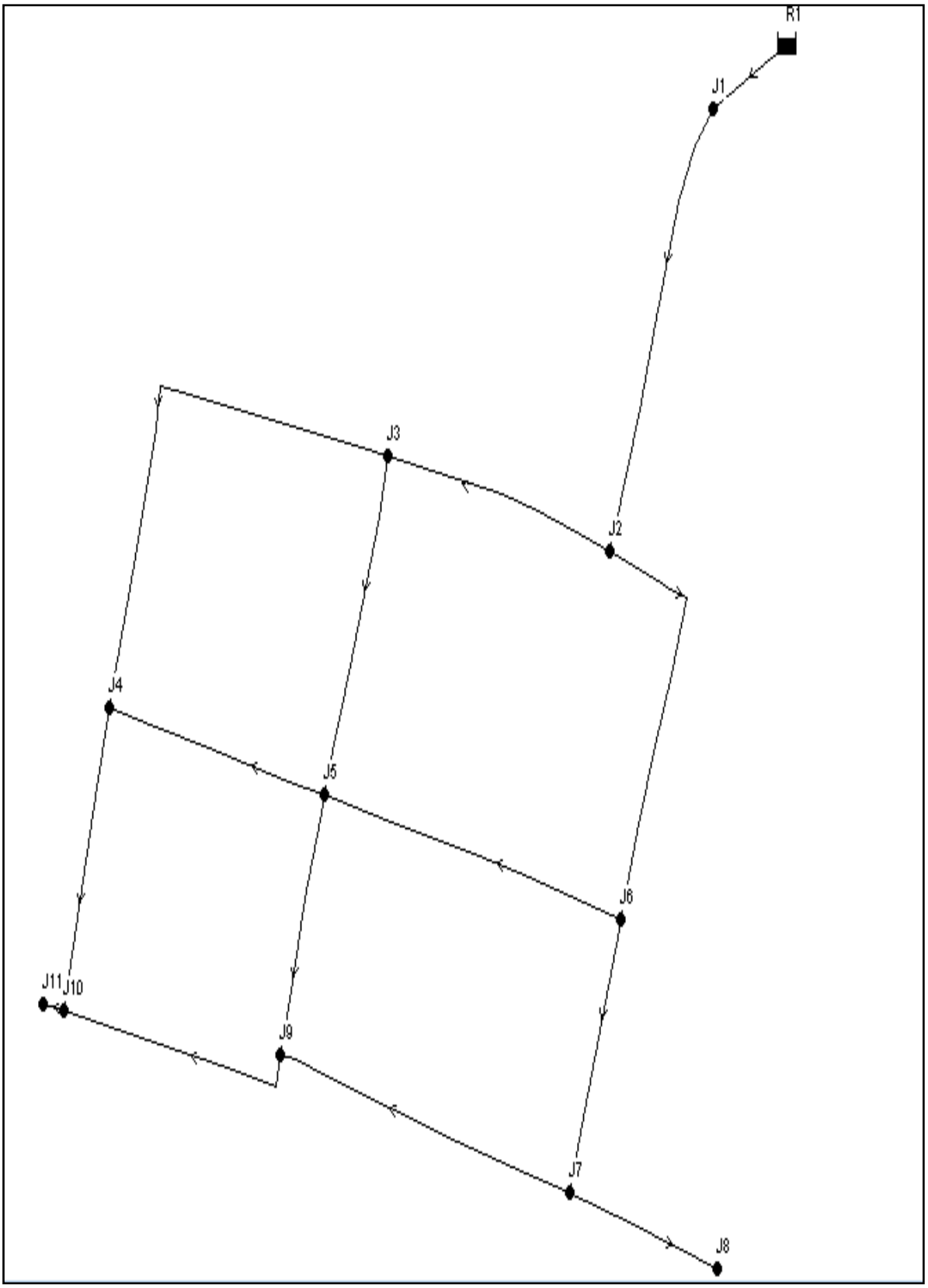


Figura 23: Identificación de los Nodos que Forman la Aducción y la Red de Distribución Objeto de Estudio.

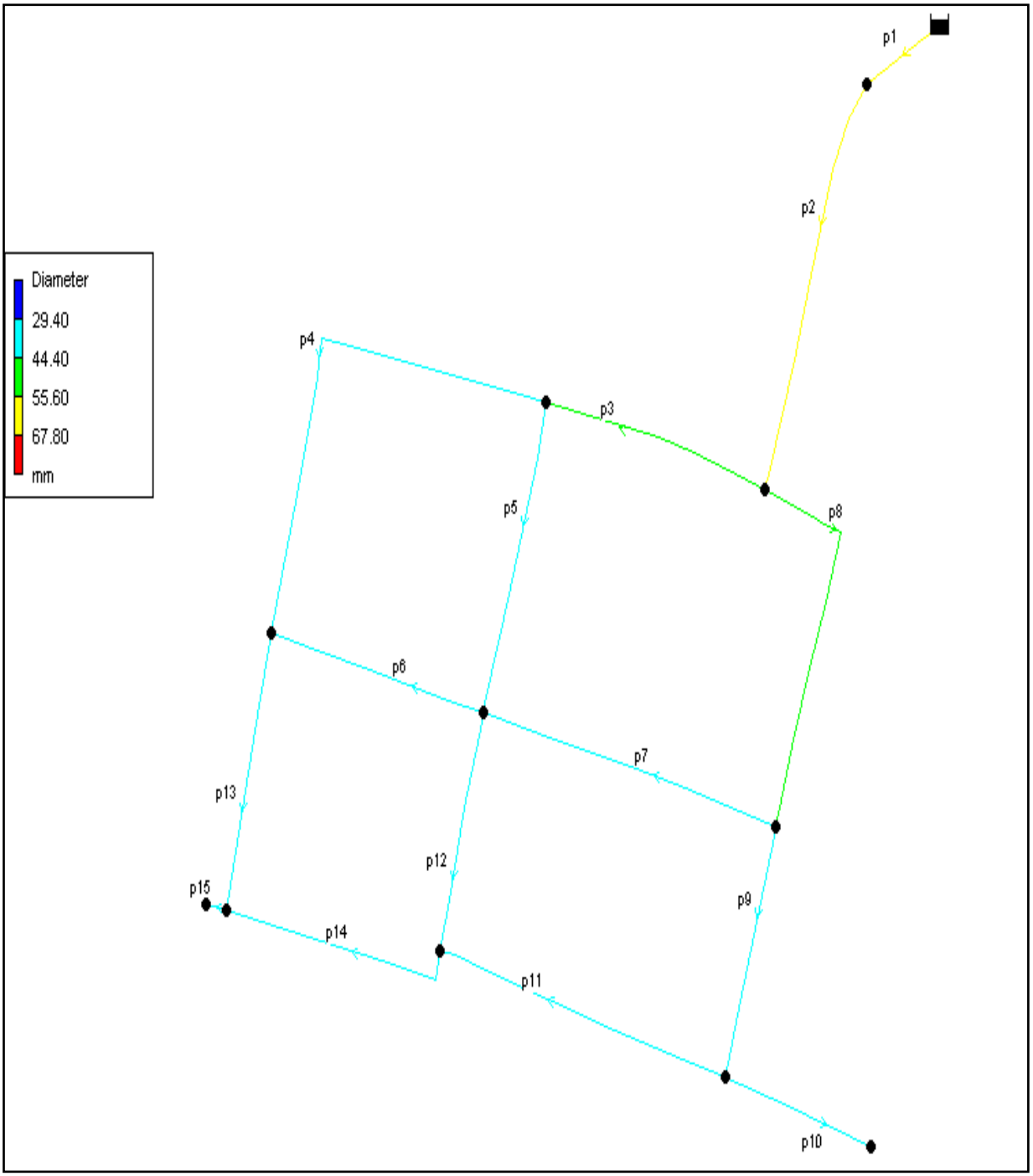


Figura 24: Identificación de las Conducciones que Forman la Red Objeto de Este Proyecto.

Una vez identificados todos los elementos de la red y tras realizar un tanteo previo de diámetros, se obtienen como resultados las presiones en los nodos, la distribución de caudales y las velocidades en las conducciones.

A continuación, se muestran dichos resultados en los esquemas adjuntos.

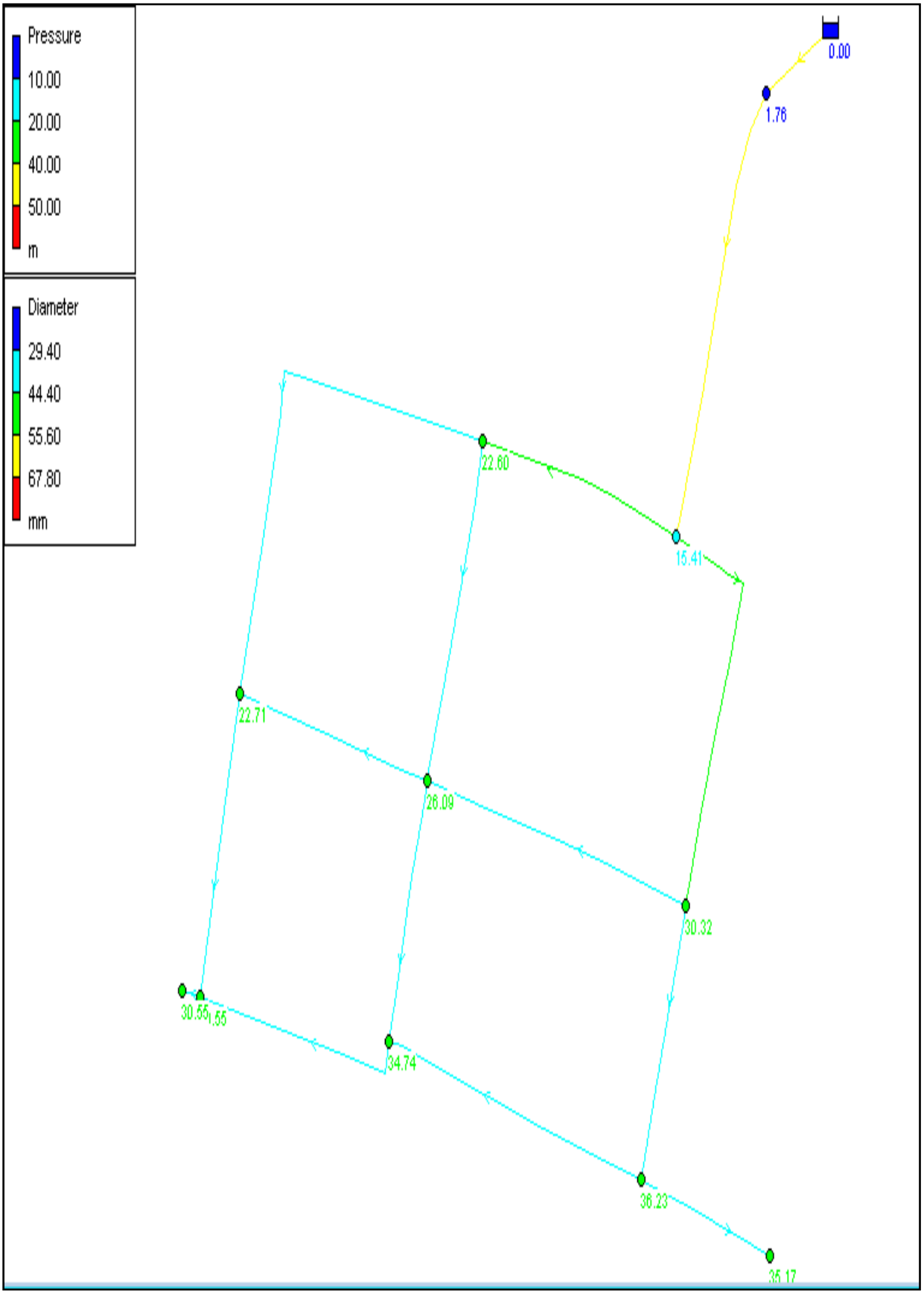


Figura 25: Línea de aducción y red de distribución. Presión en los nodos.

Tabla 21

Tabla de Presiones en Aducción y distribución.

	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	**m**	**LPS**	**m**	**m**
Junc J2	203	0,17	218,41	15,41
Junc J1	218,23	0	219,99	1,76
Junc J4	193	0,36	215,71	22,71
Junc J3	195	0,12	217,6	22,6
Junc J6	187	0,17	217,32	30,32
Junc J10	185	0,24	215,55	30,55
Junc J5	190	0,29	216,09	26,09
Junc J9	181	0,26	215,74	34,74
Junc J7	180	0,1	216,23	36,23
Junc J8	181	0,08	216,17	35,17
Junc J11	185	0,01	215,55	30,55
Resvr R1	220	-1,81	220	0

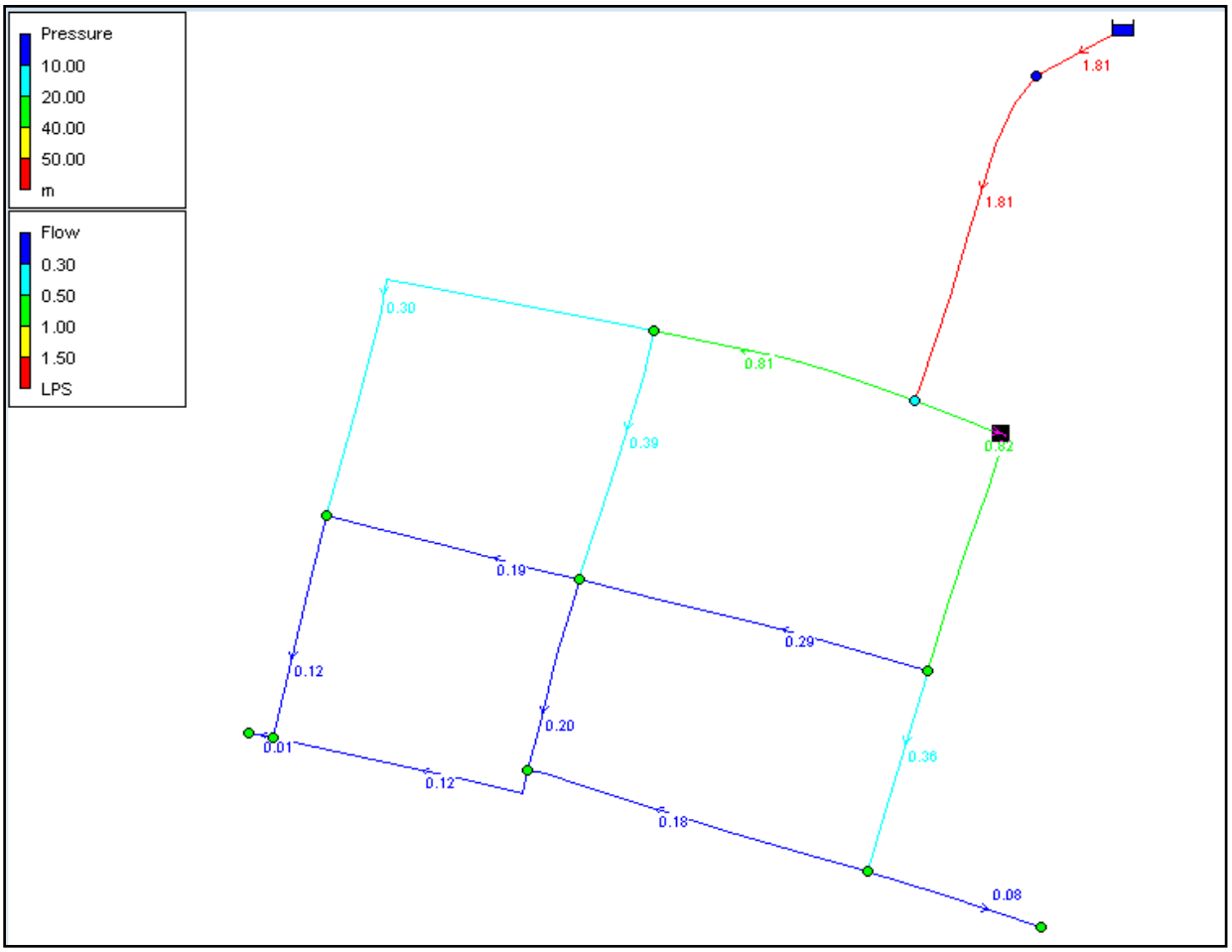


Figura 26: Distribución de Caudales

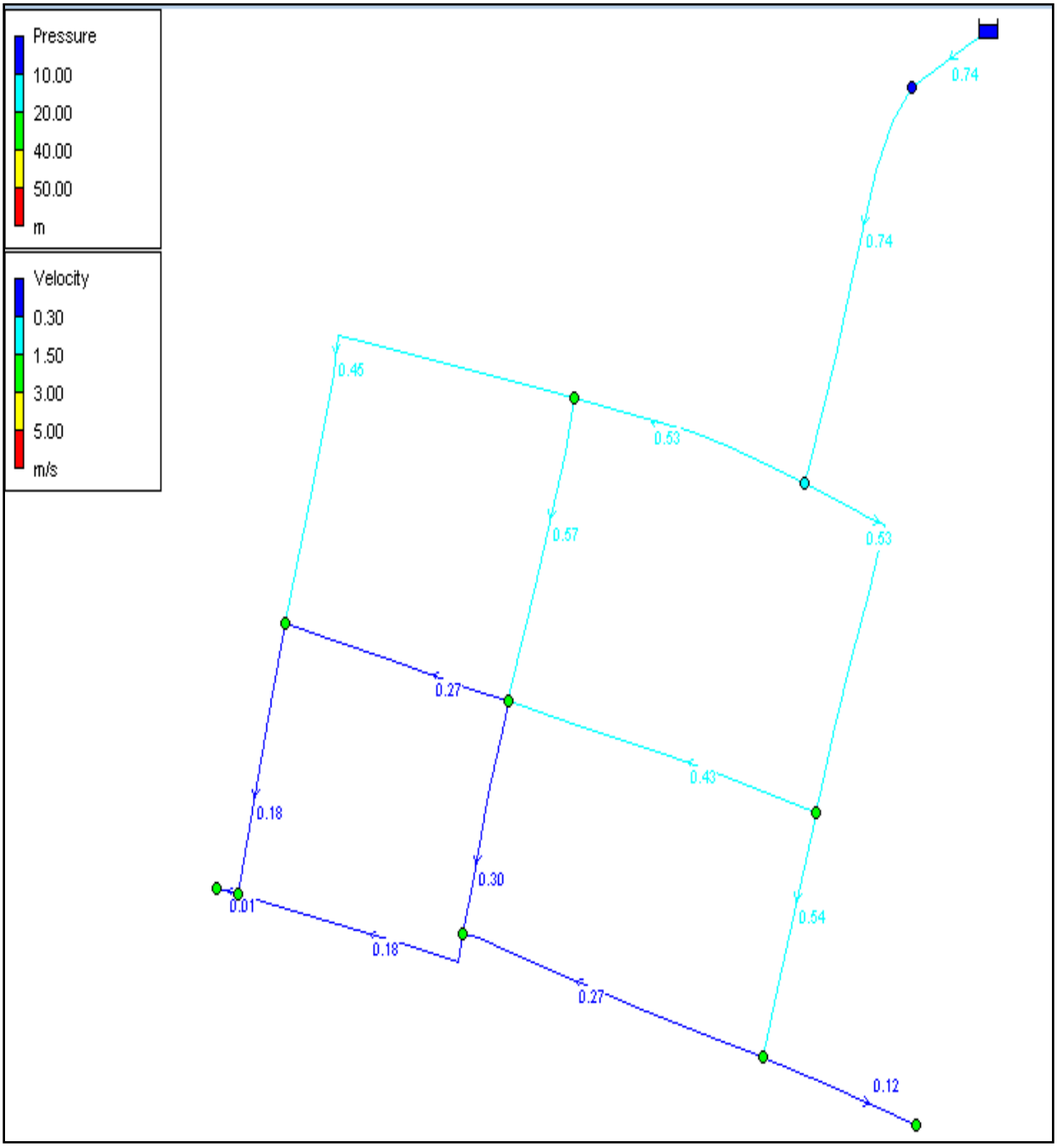


Figura 27: Distribución de Velocidades

Tabla 22

Tabla Cálculo de Caudales y Velocidades

			Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	**Nodo inicio**	**Nodo fin**	**m**	**mm**		**LPS**	**m/s**	**m/km**	
Pipe p2	J1	J2	130	44,0	140	1,81	0,74	12,17	0,024
Pipe p4	J3	J4	189	29,4	140	0,3	0,45	9,98	0,029
Pipe p3	J2	J3	97	44,4	140	0,81	0,53	8,33	0,026
Pipe p8	J2	J6	128	44,4	140	0,82	0,53	8,51	0,026
Pipe p13	J4	J10	85	29,4	140	0,12	0,18	1,92	0,033
Pipe p5	J3	J5	97	29,4	140	0,39	0,57	15,56	0,028
Pipe p6	J5	J4	94	29,4	140	0,19	0,27	4	0,031
Pipe p12	J5	J9	73	29,4	140	0,2	0,3	4,75	0,031
Pipe p7	J6	J5	130	29,4	140	0,29	0,43	9,45	0,029
Pipe p9	J6	J7	78	29,4	140	0,36	0,54	13,97	0,028
Pipe p11	J7	J9	128	29,4	140	0,18	0,27	3,79	0,031
Pipe p10	J7	J8	65	29,4	140	0,08	0,12	0,92	0,035
Pipe p14	J9	J10	101	29,4	140	0,12	0,18	1,91	0,033
Pipe p15	J10	J11	8	29,4	140	0,01	0,01	0,02	0,049
Pipe p1	R1	J1	1	44.0	140	1,81	0,74	12,17	0,024

- ✓ **Válvulas de aire**

Diámetro de Válvula de Aire.

Para calcular el diámetro de la válvula de aire se emplea la fórmula:

$$d \geq \frac{D}{8}$$

Donde:

d = Diámetro de la Válvula de Aire.

D = Diámetro de tubería de la línea.

A continuación, se detalla las respectivas válvulas de Aire a utilizar en el presente proyecto.

Tabla 23

Datos de Ubicación y Diámetro de Válvula de Aire

VÁLVULA DE AIRE (VA)		
DESCRIPCIÓN	**PROGRESIVA**	**DIÁMETRO**
VA - 1	1 + 890	½ ”

- ✓ **Válvula de Purga.**

Diámetro de Válvula de Purga.

Tabla 24

Datos de Cálculo de Diámetro de Válvulas

DIÁMETRO DE TUBERÍA	DIÁMETRO DE VÁLVULA
$\emptyset < \mathbf{4}"$	Mismo diámetro de la tubería
4”$< \emptyset < \mathbf{16}"$	4”
$\emptyset > \mathbf{16}"$	$\frac{\emptyset\, Tuberia}{4}$

A continuación, se detalla las respectivas válvulas de purgar a utilizar en el presente proyecto.

Tabla 25

Datos de Ubicación y Diámetro de Válvula de Purga

VÁLVULA DE PURGA (VP)		
DESCRIPCIÓN	**PROGRESIVA**	**DIÁMETRO**
VP – 1	0 + 913.10	1 ½ ”
VP – 2	1 + 800	1 ½ ”
VP – 2	2 + 212	1 ½ ”

2.2.2. Metodología general del proyecto

2.2.2.1.Trabajos de Campo

Para la ejecución del presente proyecto de tesis se han desarrollado diferentes trabajos de campo como son:

- Reconocimiento del área de estudio, analizando los trabajos a realizar.
- Se procedió a realizar el levantamiento topográfico del área en estudio, tanto planimétrico como altimétrico
- Ejecución de calicatas para obtener muestras representativas y realizar el estudio correspondiente para conocer las principales características y capacidad potente del terreno.
- Encuestas demográficas para trabajar con un porcentaje aproximado de la población futura beneficiada

2.2.2.2. Recopilación de Información

Luego del inicio de los trabajos de campo se ha procedido a la recopilación de información de las diferentes Instituciones públicas y privadas, obteniéndose información que sirvió para la realización del presente proyecto de tesis.

- **Trabajos De Gabinete:**

Con la ayuda de los trabajos de campo se realizó los siguientes trabajos:

- **Información topográfica:**

  Se ha procesado la información obtenida en el levantamiento topográfico, utilizando el nivel de ingeniero, estación total y GPS, luego se ha elaborado los planos correspondientes.

- **Información Estadística:**

  Basándose en la información recopilada sobre el porcentaje aproximado de crecimiento poblacional se ha desarrollado el cálculo de la población futura.

- **Diseño Hidráulico:**

  Contando con los elementos fundamentales se procedió al cálculo de la línea de conducción, sedimentado, filtro lento, reservorio, estructuras de pase, línea de aducción, red de distribución de la localidad de Shilcayo, diámetro de válvula de aire y diámetro de válvula de purga, .

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Población de diseño:

Del cálculo respectivo se ha obtenido la población de diseño futura de 793 habitantes.

3.1.2. Consumo promedio diario anual:

Del diseño correspondiente se ha obtenido que el Qp = 0.734 l/s.

3.1.3. Caudal máximo diario:

El diseño correspondiente se ha obtenido que el Qmh = 0.954 l/s

3.1.4. Caudal máximo horario:

Del diseño correspondiente se ha obtenido que el Qmd = 1.101 l/s

3.1.5. Caudal de avenida:

Del estudio correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- El caudal disponible de la fuente de captación en escasez de lluvias es 0.5138 m^3/s

3.1.6. Captación y barraje:

Del estudio correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

Barraje:

- Un barraje de 5.30 m de longitud.
- Una altura del azud de 0.9 m de longitud.
- Altura sobre el vertedero de 0.22 m de longitud
- La longitud del colchón disipador de 6.50 m.

Captación:

- Diámetro de canastilla de salida es de 3”
- Diámetro de tubería de rebose es de 2”.
- El tirante mínimo es de 0.22m.
- El tirante máximo es de 0.47 m.

3.1.7. Línea de conducción:

Del diseño correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Tubería PVC SAP, la cual irá enterrada.
- Tubería de PVC SAP, clase 7.5
- Tubería de diámetro 1.5”

3.1.8. Planta de tratamiento:

3.1.8.1. Sedimentador:

Del diseño correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Cuatro Sedimentadores de 7 m. de largo por 1.50m. de ancho, con una altura en la tolva de lodos total de 1.90 m.

3.1.8.2.Filtro lento:

Del diseño correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Un sistema de drenaje de 0.20 m. constituido por ladrillos conformando canales.
- Un borde libre de 0.30 m.
- Una capa de grava graduada de 0.30 m de espesor.
- Una capa de arena de 0.80 m. de altura.
- Una altura de 1.00 m para carga de agua.
- Una capa de soporte de 0.20 m de altura
- Cuatro filtros de 4.80 m. de largo por 3.60 m. de ancho, con una altura total de 2.80 m.

3.1.8.3.Caja de recolección de agua filtrada:

Del estudio correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Una caja de recolección de agua filtrada que viene a ser una estructura de 1.95 m. de largo por 4.35 m. de ancho, con una altura total de 2.50 m.

3.1.8.4.Reservorio:

Del diseño correspondiente te ha obtenido lo siguiente:

- Un reservorio rectangular de 3.6 * 3.6 metros de 25 m^3 de Capacidad.

3.1.9. Estructura de pase

3.1.9.1.Diseño de pase aéreo L = 20 m.

Del diseño correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Dos pases aéreos de L = 20 m.
- El cable de acero a utilizar es de diámetro 3/8”
- En las péndolas se utiliza fierro liso de diámetro 3/8”
- La Cámara de Anclaje tiene las dimensiones de 1.00 m. x 1.00 m. x 1.00 m. de altura.

3.1.10. Línea de aducción:

Del diseño correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Tubería PVC SAP, la cual irá enterrada.
- Tubería de PVC SAP, clase 7.5.
- Tubería de diámetro 1.5”

3.1.11. Red de distribución:

3.1.11.1. Circuito cerrado

Del diseño correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Tubería PVC SAP, la cual irá enterrada.
- Tubería de PVC SAP, clase 7.5.
- Tubería de diámetro 1.5 y 1”

3.1.12. Válvulas y accesorios:

3.1.12.1. Válvula de aire

Del diseño correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- 1 válvula de diámetro 1/2”

3.1.12.2. Válvula de purga de sedimentos

Del diseño correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- 3 válvula de diámetro 1.5”

3.1.13. Estudio de suelos:

Del estudio correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Calicata N° 01 – Reservorio

Profundidad = 2.00 m.

Resistencia al Terreno = 0.92 Kg/cm^2

Tipo de Suelo = SC

- Calicata N° 02 – Pase Aéreo Margen Derecha L = 20 m.

  Profundidad = 2.60 m.

  Resistencia al Terreno = 0.97 Kg/cm^2

  Tipo de Suelo = SC

- Calicata N° 03 – Captación

  Profundidad = 2.60 m.

  Resistencia al Terreno = 0.96 Kg/cm^2

  Tipo de Suelo = SC

- Calicata N° 04 – Sedimentador

  Profundidad = 2.80 m.

  Resistencia al Terreno = 1.02 Kg/cm^2

  Tipo de Suelo = SC

  Arena Arcillosa Limosa

3.1.14. Análisis físico químico y bacteriológico del agua.

Del estudio correspondiente se ha obtenido lo siguiente:

- Análisis Organoléptico.

  Color : Turbio con partículas suspendidas

  Olor : No Característico.

  Sabor : No Característico.

- Análisis Físico – Químico.

  PH 7.8

- Análisis Microbiológico.

  Coliformes Totales 3300 NMP/100 ml.

  Coliformes Fecales 790 NMP/100 ml.

3.2. Discusión

Del resultado de la Población de Diseño, Dotación y Caudal Promedio Diario Anual nos ha permitido determinar el Caudal Máximo Diario y el Caudal Máximo Horario, los

mismos que han sido empleados en el diseño de la Captación, Sedimentador Filtro lento, Reservorio, Red de distribución, Línea de Conducción, Línea de aducción y pase aéreo.

El resultado obtenido de la fuente de Captación de Qp=0.734 l/s, demuestra que satisface a la demanda de abastecimiento de la población y que será suficiente ante épocas de estiaje, sin perjudicar el normal y continuo sistema de agua potable.

El cálculo hidráulico y estructural de las unidades de tratamiento se realizó de acuerdo a los criterios respectivos de diseño, a su vez con el apoyo de los datos obtenidos en el laboratorio de la mecánica de suelos.

El resultado obtenido en la Red de Distribución es aceptable debido a que las presiones se encuentran entre 22.6 y 36.23 m.c.a. por lo que se encuentra dentro de los parámetros de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones, Infraestructuras Sanitarias para Poblaciones Urbanas y Rurales, que detallan que las presiones fluctúan entre 5 y 50 m.c.a.

Del levantamiento topográfico se logró obtener el perfil y topografía general de la zona de influencia a intervenir para el presente proyecto de investigación, con el propósito de obtener la información técnica necesaria a ubicar las respectivas infraestructuras de las unidades de tratamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

CONCLUSIÓNES

- El proyecto de investigación presentado, brindará la mejor solución ante el problema que aqueja a la población de la localidad de Shilcayo, Distrito de Chazuta, Provincia y Región San Martín, que consiste en la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable a la población, a fin que reciban este elemento hídrico apto para el consumo humano y así disminuir el índice de enfermedades de origen hídrico, logrado una mejor calidad de vida.

- Los diseños hidráulicos y estructurales de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable están acorde a la infraestructura sanitaria para poblaciones rurales del reglamento nacional de edificaciones, Infraestructuras Sanitarias para Poblaciones Urbanas y Rurales.

- La educación sanitaria es un apoyo favorable al proyecto debido a que los pobladores tomarán acciones de aporte al adecuado uso y abastecimiento de agua potable a la población.

- La operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable ayudará a que el proyecto sea sostenible y cumpla su tiempo de diseño perdurando en el tiempo.

- El caudal de la quebrada Shilcayo calculado mediante el método de aforo podrá satisfacer la demanda requerida para el sistema de abastecimiento de agua potable.

- El periodo de diseños del proyecto es de 20 años y cuenta con una población futura de 793 hab.

- Los caudales de diseño calculadas para el proyecto son:

  Qp = 0.734 l/s

  Qmd = 0.954 l/s

  Qmh = 1.101 l/s

  Qaforo = 513.80 l/s

- La tubería empleada en la línea de conducción y aducción es de clase 7.5 y diámetro de 1.5”.
- Según los resultados del análisis físico químico bacteriológico es fundamental que el agua captada tenga un tratamiento adecuado.
- Sistema de abastecimiento es por gravedad y los elementos propuestos para el sistema son:

Captación

Línea de conducción

Línea de aducción

Filtro lento

Reservorio

Red de distribución

Pase aéreo de 20m

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el control bacteriológico periódico del sistema de agua potable, cuando se encuentre en uso del abastecimiento a la localidad.
- Para el correcto funcionamiento de los componentes calculados, se deberá ejecutar conformé al planteamiento técnico presentado en el proyecto de investigación.
- Se recomienda realizar el mantenimiento periódico de los componentes de la planta de tratamiento y el reservorio, debiéndose desinfectar con cloro las paredes y los adecuados procedimientos de desinfección y mantenimiento.
- Para la puesta en funcionamiento y control operacional del sistema cada familia deberá aportar con un costo mensual por los servicios de agua apta para el consumo humano.
- Se recomienda la conformación de una junta administradora del servicio de saneamiento para velar por el correcto funcionamiento del sistema brindando servicio en la adecuada operación y mantenimiento.
- Se recomienda la constante capacitación de los operadores y beneficiarios sobre educación sanitaria, control y mantenimiento del sistema de agua potable.
- Se recomienda la participación de las organizaciones de base del pueblo para la fiscalización de la operación de la junta administradora del servicio.
- Se recomienda la realización de la evaluación de riesgo y vulnerabilidad del sistema para poder mitigar la ocurrencia de desastres naturales y provocados en zona del proyecto como inundaciones, sismos, accidentes operacionales, etc.
- Se recomienda la utilización de agentes purificadores de agua según turbiedad y análisis bacteriológico.
- Se recomienda la participación de la población antes, durante y después de la ejecución del proyecto en acciones participativas y equitativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

J. BOWLES. (1981), Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil (PÁG. 35-47). (MÉXICO): MC GRAW-HILL.

AGÜERO PITTMAN, R. (1997). Agua Potable Para Poblaciones Rurales. Peru: Asociación Servicios Educativos Rurales (SER)

THOMAS D. J.JR.(1988) Sistemas de Agua por Gravedad Para Poblaciones Rurales. Peru: Tecnologia Intermedia (ITDG)

ROMERO ROJAS, J A. (1999). Escuela Colombiana de Ingeniería.

GRANDEZ RODRÍGUEZ, P. (1994). EN: Proyecto de Abastecimiento de Agua Potable a la Localidad de Consuelo - Provincia de Bellavista.

RAMIREZ RAMIREZ, J.E. (2015). EN: Diseño del Sistema de Agua Potable con Captación Tipo Galería Filtrante del Centro Poblado Marona, Distrito, Provincia de Moyobamba, Región San Martin.

PAREDES LAZO, G. (2002). EN: Diseño y Construcción del Sistema de Agua Potable del Distrito de San Martin Alao, Provincia El Dorado, Región de San Martin.

CNA 2007. "Manual del agua potable, alcantarillado y saneamiento". Mexico, D.F.

REYNA FLORES, CARLOS N.(2003). EN: Abastecimiento de Agua Potable del Distrito de Barranquita.

ARROCHA R, SIMON. Teoría y Diseño de Abastecimiento de Agua

IGNASI SALVADOR VILLÀ, ELISENDA REALP CAMPALANS, LLUÍS BASTEIRO BARTOLÍ, SERGIO OLIETE JOSA, AGUSTÍ PÉREZ-FOGUET (2005). Abastecimiento de Agua y Saneamiento "Tecnología Para el Desarrollo Humano y Acceso a los Servicios Básicos".

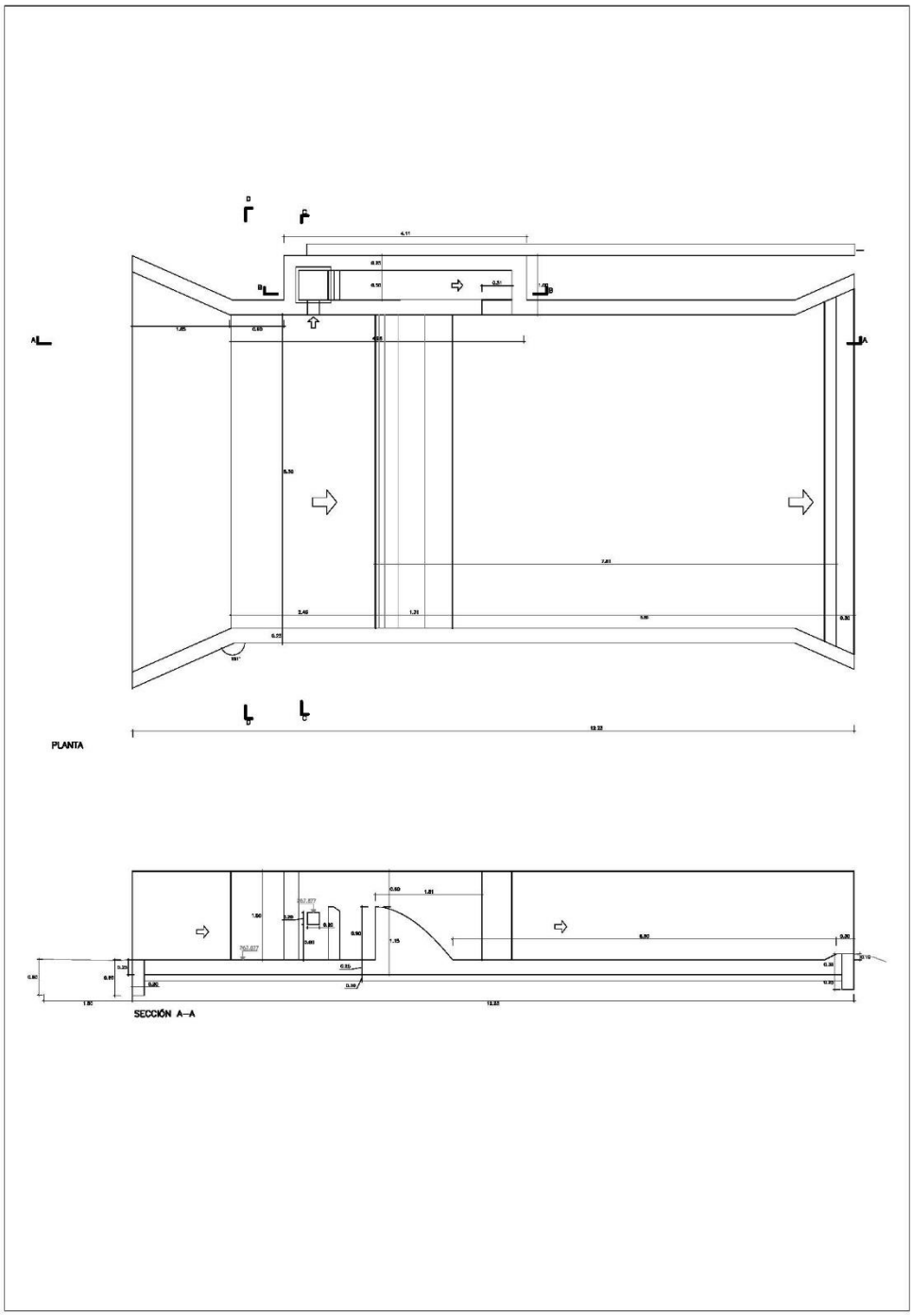
ANEXOS

ANEXO 1. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

LISTADOS DE SALIDA DE PROGRAMAS, CÁLCULOS Y COMPROBACIONES

CAPTACIÓN

Se muestra a continuación un croquis de la captación:



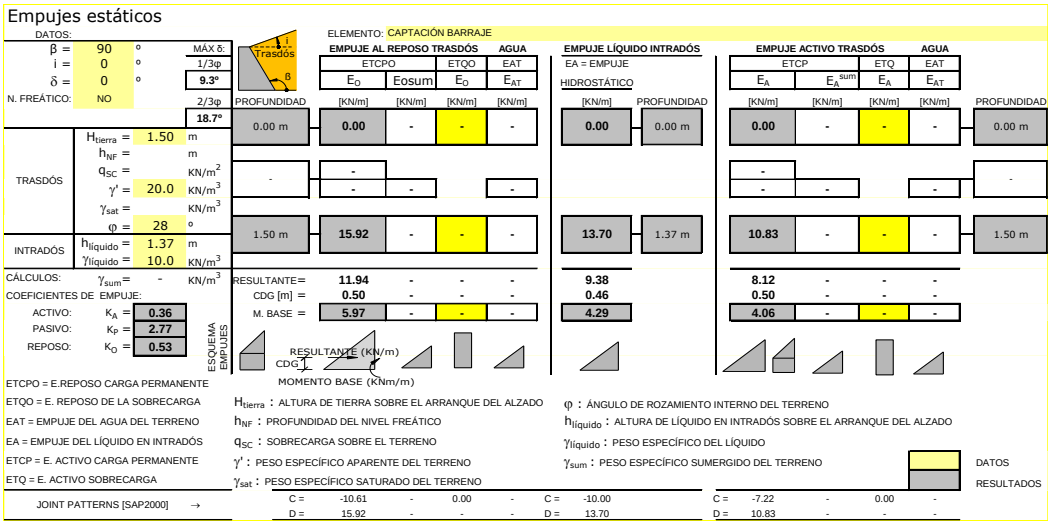
Se muestran a continuación los datos de cálculo utilizados para dimensionar los espesores y cuantías de acero:

Tabla resumen de datos básicos de cálculo de las contenciones	
Altura de los alzados (muros)	1,50 m
Calado interior de agua pésimo	1,37 m
Altura de tierras (filtro) sobre el alzado	1,50 m
Tipo de empuje en trasdós	Reposo

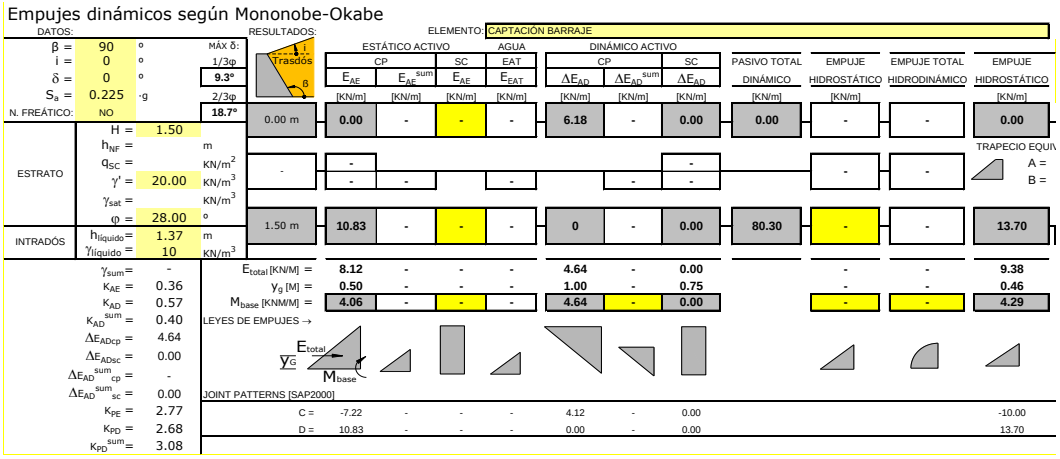
ACCIONES

Se muestran a continuación los empujes considerados en los cálculos:

HIPÓTESIS SIN SISMO



HIPÓTESIS CON SISMO



ESFUERZOS PÉSIMOS

Esfuerzos pésimos		
Proyecto:	Comunidad Nativa de Shilcayo	
Muro:	Faja pésima captación	
Esfuerzos pésimos concomitantes de cálculo en rotura y servicio (sin sismo)		
	Trasdós-Empuje terreno	Intradós-Empuje agua
Esfuerzos en la base del muro	M_{CE} =5,97 KNm/m V_{CE} = 11,44 KN/m Resistencia: M_u =1,7·5,97=10,15 KNm/m V_u = 1,7·11,44=19,45 KN/m Servicio: M_s =5,97 KNm/m	M_{CL} = 4,29 KNm/m V_{CL} = 9,38 KN/m Resistencia: M_u =1,4·4,29=6,00KNm/m V_u = 1,4·9,38=13,13 KN/m Servicio: M_s =4,29 KNm/m
Esfuerzos pésimos concomitantes de cálculo en rotura y servicio (con sismo)		
	Trasdós-Empuje terreno	Intradós-Empuje agua
Esfuerzos en la base del muro	M_{CE} = 4,06 KNm/m V_{CE} = 8,12 KN/m M_{CS} = 4,64 KNm/m V_{CS} = 4,64 KN/m Resistencia: M_u =1,25·4,06+4,64=9,72 KNm/m V_u = 1,25·8,12+4,64=14,79 KN/m	M_{CL} = 4,29 KNm/m V_{CL} = 9,38 KN/m M_{CS} = 1,35 KNm/m V_{CS} = 2,46 KN/m Resistencia: M_u =1,25·4,29+1,35=6,71 KNm/m V_u = 1,25·9,38+2,46=14,18 KN/m

COMPROBACIONES REALIZADAS

Tras el análisis realizado y cumpliendo en todo caso las siguientes condiciones:

- Estructura técnicamente válida para resistir los esfuerzos generados por la actuación de las cargas previstas en la normativa.
- Simplificación de la ejecución en obra de las estructuras.

FLEXIÓN SIMPLE PÉSIMA

Resistencia flexión simple y cortante y Servicio (fisuración) en muros y losas según E.060

ELEMENTO: COMBINACIÓN PÉSIMA CAPTACIÓN DE BARRAJE

DATOS:

GEOMETRÍA:

ESPESOR =	25	cm
H | P.COMP. =	0.00	m
c_c =	3.5	cm

POSICIÓN DEL REFUERZO: CENTRAL

POSICIÓN DEL REFUERZO: HORIZONTAL

TIPO DE ELEMENTO: LOSA MACIZA

ESFUERZOS PÉSIMOS EN ROTURA :

M_u =	10.15	KNm/m
N_u =	0.00	KN/m
V_u =	19.45	KN/m

ESFUERZO PÉSIMO EN SERVICIO:

M_s =	5.97	KNm/m

CARACT. MECÁNICAS MATERIALES:

f'_c =	21.0	MPa
f_y =	420	MPa

PESO UNITARIO CONCRETO:

w_c =	2300	Kg/m^3

ARMADURA: Nº

3/8"	/ 15.0 cm	1

ARMADURA CARA 2: Nº BARRAS

FACTORES DE MINORACIÓN DE RESIST:

Φ_1 =	0.90	FLEXIÓN
Φ_2 =	0.85	CORTE
Φ_3 =	0.80	AXIL (T)

ÁREA DE ACERO REQUERIDA [Mu=ΦMn]:

$A_{s,\Phi Mn}$ = 0.53 cm^2/m

ÁREA DE ACERO REQUERIDA [Mu=1,2·Mcr]:

$A_{s,1,2\cdot Mcr}$ = cm^2/m

RESULTADOS:

CONCRETO SIMPLE:

$\Phi\cdot M_n$ =	13.03	KNm/m	CUMPLE
$\Phi\cdot V_n$ =	81.91	KN/m	CUMPLE

ROTURA FLEXIÓN Y CORTANTE:

RESISTENCIAS DE DISEÑO:

$\Phi_1\cdot M_n$ =	23.18	KNm/m	CUMPLE
$\Phi_2\cdot V_n$ =	89.08	KN/m	CUMPLE

COMPROBACIÓN FISURACIÓN SERVICIO:

MOMENTO DE AGRIETAMIENTO:

M_{cr} = 29.60 KNm/m

PARÁMETRO FISURACIÓN Z?26 [9-18]:

Z = - KN/mm CUMPLE

? NO SE FISURA: Ms?Mcr

CUANTÍAS MÍNIMAS:

RETRACCIÓN Y TEMPERATURA (ART 9.7):

$A_{s\ min,g}$= 4.50 cm^2/m CUMPLE

MECÁNICA FLEXIÓN*:

$A_{s\ min,m}$= - cm^2/m CUMPLE

DIÁMETRO	$A_{s,real}$	MASA
MM - ["]	cm^2/m	Kg/m^3
9.53 - [3/8"]	4.7554	14.91
MM - ["]	cm^2/m	Kg/m^3
-	-	-

DEFORMACIÓN MÁX HORMIGÓN < 3 ‰:

ε_c = 0.23 ‰ CUMPLE

SEPARACIÓN BARRAS:

sep_{barras}= 140.5 mm

sep_{min} = 10.0 mm CUMPLE

$sep_{máx}$ = 400.0 mm CUMPLE

CÁLCULOS:

CONCRETO SIMPLE:

M_n =	20.05	KNm/m	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
V_n =	126.02	KNm/m	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN

FLEXIÓN:

T =	199.73	KN	TRACCIÓN MÁXIMA EN EL ACERO DE REFUERZO
β_1 =	0.85		FACTOR ARTÍCULO 10.2.7.3
E_c =	21735.5111	MPa	MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO [ART 8.5.2]
E_s =	200000	MPa	MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO [ART 8.5.5]
ε_y =	2.10	‰	DEFORMACIÓN CEDENTE
d =	13.45	cm	DISTANCIA DE LA F. EXTREMA COMPRIMIDA Y EL BARICENTRO DEL AC
d' =	11.55	cm	DISTANCIA DE LA F. EXTREMA COMPRIMIDA Y EL BARICENTRO DEL AC
a =	1.12	cm	ESPESOR BLOQUE RECTANGULAR EQUIVALENTE DE CONCRETO COM
c =	1.32	cm	DISTANCIA DE LA FIBRA CON MÁXIMA DEFORMACIÓN EN COMPRESIÓN
z =	12.89	cm	BRAZO (MOMENTO NOMINAL)
M_n =	25.75	KNm	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
f_s =	103.69	MPa	ESFUERZO EN EL ACERO [ART 10.3.2.1]
d_c =	115.5	mm	
A_{ct} =	230940.0	mm^2	
f_r =	2.84	MPa	MÓDULO DE ROTURA
I =	130208.3	cm^4/m	MOMENTO DE INERCIA DE LA SECCIÓN TOTAL DESPRECIANDO EL ACE
y_t =	12.50	cm	DISTANCIA DEL BARICENTRO DE LA SECCIÓN DESPRECIANDO EL ACEI
S_m =	10417	cm^3	MÓDULO ELÁSTICO DE LA SECCIÓN

CORTANTE:

$[f'_c]^{1/2}$ =	4.58	MPa	
M_m =	10.15	KNm/m	TABLA 11.3
ρ_w =	1.90 ‰		CUANTÍA DEL REFUERZO DEL ALMA
V_c =	104.8	KN/m	FÓRMULAS 11.4

ARMADURAS MÍNIMAS:

ARMADURA MÍNIMA RETRACCIÓN Y TEMPERATURA:

$A_{s,min\ G}$=	4.50	cm^2/m	TABLA 7.7
$A_{s,min\ Gt}$=	3.00	cm^2/m	ARTÍCULO 10.5.4

ARMADURA MÍNIMA MECÁNICA FLEXIÓN:

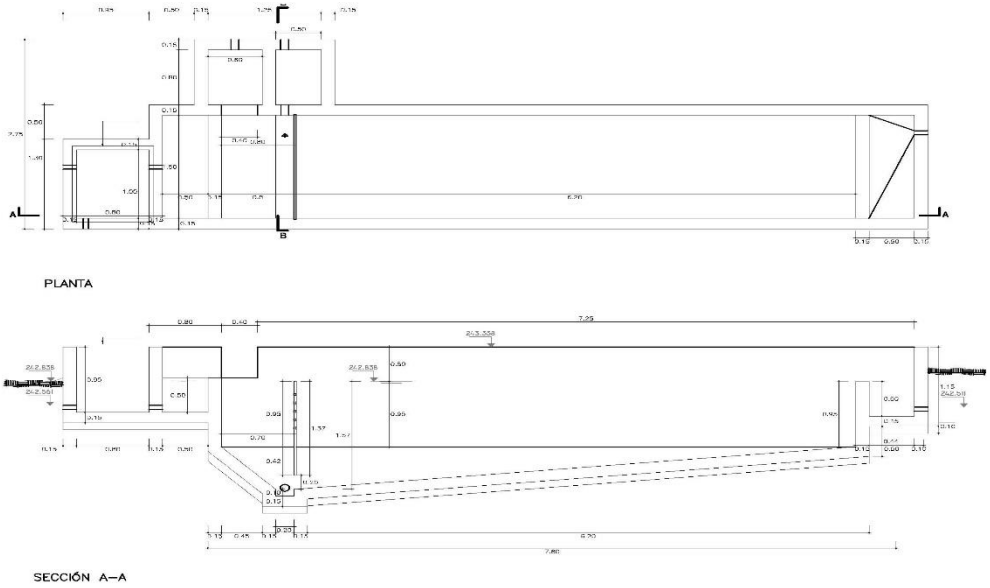
$1,2\cdot M_{cr}$ =	35.51	KNm/m	
$A_{s,min\ M}$=	3.23	cm^2/m	ARTÍCULO 10.5.1 Y 10.5.2
$1/3\cdot A_{s,\Phi Mn}$ =	0.18	cm^2/m	

*NOTA (ARTÍCULO 10.5.3): LA CUANTÍA MÍNIMA MECÁNICA NO ES NECESARIO DISPONERLA EN CASO DE QUE EL ÁREA DE ACERO EN TRACCIÓN PROPORCIONADA SEA AL MENOS UN TERCIO SUPERIOR A LA REQUERIDA POR ANÁLISIS

SEDIMENTADOR

Al tratarse de recintos cerrados rectangulares de poca altura se han calculado las paredes y la solera sin considerar el efecto que produce el arriostramiento que ejercen sobre si las paredes contiguas, estando por tanto el cálculo realizado del lado de la seguridad.

Se muestra a continuación un croquis de la geometría del sedimentador:



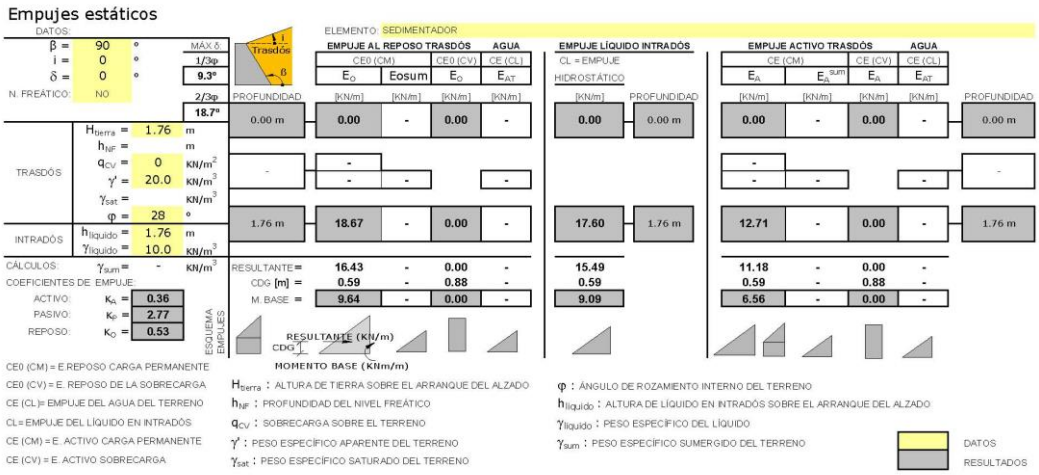
Se muestra a continuación la geometría de la faja de ancho unidad pésima introducida en el modelo de cálculo:

Tabla resumen de datos básicos (faja pésima)	
Altura del alzado	2,17 m
Ancho	1,50 m
Calado interior de agua	1,76 m
Altura de tierras sobre el alzado	1,76 m
Tipo de empuje en trasdós sin simo	Reposo

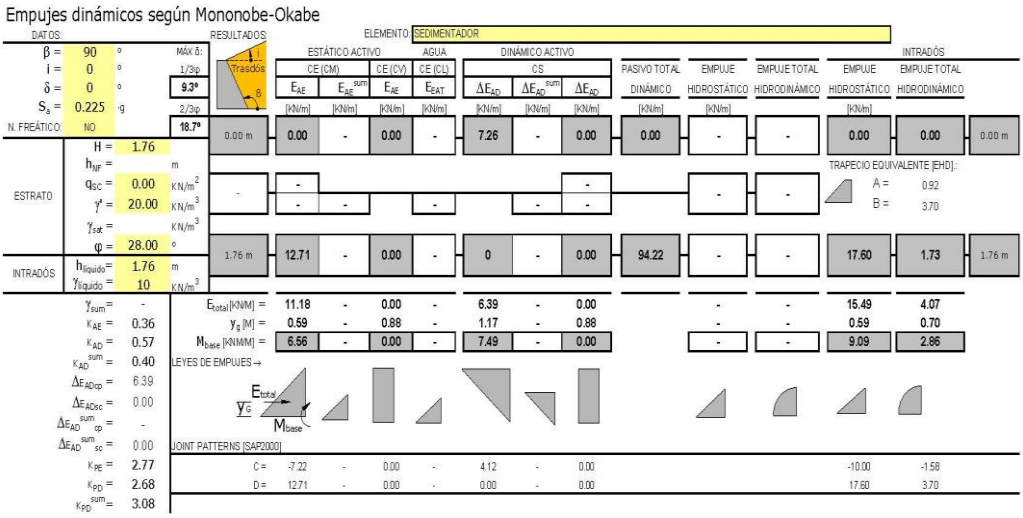
ACCIONES

Se muestran a continuación los empujes considerados en los cálculos:

HIPÓTESIS 1: SIN SISMO



HIPÓTESIS 2: CON SISMO



ESFUERZOS PÉSIMOS

Esfuerzos pésimos		
Proyecto:	Comunidad Nativa de Shilcayo	
Muro:	Faja pésima sedimentador	
Esfuerzos pésimos concomitantes de cálculo en rotura y servicio (sin sismo)		
	Trasdós-Empuje terreno	Intradós-Empuje agua
Esfuerzos en la base del muro	M_{CE} = 6,71 KNm/m V_{CE} = 12,91 KN/m Resistencia: M_u =1,7·6,71= 11,41 KNm/m V_u = 1,7·12,91= 21,95 KN/m Servicio: M_s = 6,71 KNm/m	M_{CL} = 6,33 KNm/m V_{CL} = 12,17 KN/m Resistencia: M_u =1,4·6,33= 8,86 KNm/m V_u = 1,4·12,17= 17,04 KN/m Servicio: M_s = 6,33 KNm/m
Esfuerzos pésimos concomitantes de cálculo en rotura y servicio (con sismo)		
	Trasdós-Empuje terreno	Intradós-Empuje agua
Esfuerzos en la base del muro	M_{CE} = 4,57 KNm/m V_{CE} = 8,79 KN/m M_{CS} = 5,22 KNm/m V_{CS} = 5,02 KN/m Resistencia: M_u =1,25·4,57+5,22=10,93KNm/m V_u = 1,25·8,79+5,02=16,01 KN/m	M_{CL} = 6,33 KNm/m V_{CL} = 12,17 KN/m M_{CS} = 1,99 KNm/m V_{CS} = 3,19 KN/m Resistencia: M_u =1,25·6,33+1,99=9,90 KNm/m V_u = 1,25·12,17+3,19=18,40 KN/m

FLEXIÓN SIMPLE PÉSIMA

Resistencia flexión simple y cortante y Servicio (fisuración) en muros y losas según E.060

ELEMENTO: SEDIMENTADOR

DATOS:

GEOMETRÍA:

ESPESOR =	15	cm
H | P.COMP. =	0,00	m
c_c =	3,5	cm

POSICIÓN DEL REFUERZO: CENTRAL

POSICIÓN DEL REFUERZO: VERTICAL

TIPO DE ELEMENTO: LOSA MACIZA

ESFUERZOS PÉSIMOS EN ROTURA:

M_u =	11,41	KNm/m
N_u =	0,00	KN/m
V_u =	21,95	KN/m

ESFUERZO PÉSIMO EN SERVICIO:

M_s =	6,71	KNm/m

CARACT. MECÁNICAS MATERIALES:

f'_c =	21,0	MPa
f_y =	420	MPa

PESO UNITARIO CONCRETO:

w_c =	2300	Kg/m^3

ARMADURA: Nº

3/8"	/ 17,5 cm	1

ARMADURA CARA 2: Nº BARRAS

FACTORES DE MINORACIÓN DE RESIST:

Φ_1 =	0,90	FLEXIÓN
Φ_2 =	0,85	CORTE
Φ_3 =	0,80	AXIL (T)

ÁREA DE ACERO REQUERIDA [Mu=ΦMn]:

$A_{s,\Phi Mn}$ = 3,77 cm^2/m

ÁREA DE ACERO REQUERIDA [Mu=1,2·Mcr]:

$A_{s,1,2\cdot Mcr}$ = 5,86 cm^2/m

RESULTADOS:

CONCRETO SIMPLE:

$\Phi \cdot M_n$ =	4,69	KNm/m	NO CUMPLE
$\Phi \cdot V_n$ =	49,15	KN/m	CUMPLE

ROTURA FLEXIÓN Y CORTANTE:

RESISTENCIAS DE DISEÑO:

$\Phi_1 \cdot M_n$ =	12,29	KNm/m	CUMPLE
$\Phi_2 \cdot V_n$ =	55,97	KN/m	CUMPLE

COMPROBACIÓN FISURACIÓN SERVICIO:

MOMENTO DE AGRIETAMIENTO:

M_{cr} =	10,65	KNm/m	

PARÁMETRO FISURACIÓN Z≤26 [9-18]:

Z =	-	KN/mm	CUMPLE

→ **NO SE FISURA: Ms≤Mcr**

CUANTÍAS MÍNIMAS:

RETRACCIÓN Y TEMPERATURA (ART 9.7):

$A_{s\,min,g}$ =	2,70	cm^2/m	CUMPLE

MECÁNICA FLEXIÓN*:

$A_{s\,min,m}$ =	-	cm^2/m	CUMPLE

DIÁMETRO	$A_{s,real}$	MASA
MM - ["]	cm^2/m	Kg/m^3
9.53 - [3/8"]	4,0760	21,30
MM - ["]	cm^2/m	Kg/m^3
-	-	-

DEFORMACIÓN MÁX HORMIGÓN < 3 ‰:

ε_c =	0,32	‰	CUMPLE

SEPARACIÓN BARRAS:

sep_{barras} =	165,5	mm	
sep_{min} =	10,0	mm	CUMPLE
$sep_{máx}$ =	400,0	mm	CUMPLE

CÁLCULOS:

CONCRETO SIMPLE:

M_n =	7,22	KNm/m	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
V_n =	75,61	KNm/m	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN

FLEXIÓN:

T =	171,19	KN	TRACCIÓN MÁXIMA EN EL ACERO DE REFUERZO
β_1 =	0,85		FACTOR ARTÍCULO 10.2.7.3
E_c =	21735,5111	MPa	MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO [ART 8.5.2]
E_s =	200000	MPa	MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO [ART 8.5.5]
ε_y =	2,10	‰	DEFORMACIÓN CEDENTE
d =	8,45	cm	DISTANCIA DE LA F. EXTREMA COMPRIMIDA Y EL BARICENTRO DEL ACERO DE REFUERZO LONGITUDINA
d' =	6,55	cm	DISTANCIA DE LA F. EXTREMA COMPRIMIDA Y EL BARICENTRO DEL ACERO DE REFUERZO A COMPRESIÓ
a =	0,96	cm	ESPESOR BLOQUE RECTANGULAR EQUIVALENTE DE CONCRETO COMPRIMIDO [ART 10.2.7.1]
c =	1,13	cm	DISTANCIA DE LA FIBRA CON MÁXIMA DEFORMACIÓN EN COMPRESIÓN A EJE NEUTRO
z =	7,97	cm	BRAZO (MOMENTO NOMINAL)
M_n =	13,65	KNm	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
f_s =	216,39	MPa	ESFUERZO EN EL ACERO [ART 10.3.2.1]
d_c =	65,5	mm	
A_{ct} =	130940,0	mm^2	
f_r =	2,84	MPa	MÓDULO DE ROTURA
I =	28125,0	cm^4/m	MOMENTO DE INERCIA DE LA SECCIÓN TOTAL DESPRECIANDO EL ACERO DE REFUERZO
y_t =	7,50	cm	DISTANCIA DEL BARICENTRO DE LA SECCIÓN DESPRECIANDO EL ACERO A LA FIBRA EXTREMA TRACC.
S_m =	3750	cm^3	MÓDULO ELÁSTICO DE LA SECCIÓN

CORTANTE:

$[f'_c]^{1/2}$ =	4,58	MPa	
M_m =	11,41	KNm/m	TABLA 11.3
ρ_w =	2,72 ‰		CUANTÍA DEL REFUERZO DEL ALMA
V_c =	65,9	KN/m	FÓRMULAS 11.4

ARMADURAS MÍNIMAS:

ARMADURA MÍNIMA RETRACCIÓN Y TEMPERATURA:

$A_{s,min\,G}$ =	2,70	cm^2/m	TABLA 7.7
$A_{s,min\,Gt}$ =	1,80	cm^2/m	ARTÍCULO 10.5.4

ARMADURA MÍNIMA MECÁNICA FLEXIÓN:

$1{,}2 \cdot M_{cr}$ =	12,79	KNm/m	
$A_{s,min\,M}$ =	2,03	cm^2/m	ARTÍCULO 10.5.1 Y 10.5.2
$1/3 \cdot A_{s,\Phi Mn}$ =	1,26	cm^2/m	

*NOTA (ARTÍCULO 10.5.3): LA CUANTÍA MÍNIMA MECÁNICA NO ES NECESARIO DISPONERLA EN CASO DE QUE EL ÁREA DE ACERO EN TRACCIÓN PROPORCIONADA SEA AL MENOS UN TERCIO SUPERIOR A LA REQUERIDA POR ANÁLISIS

SOLERA

PROYECTO:
ELEMENTO:SEDIMENTADOR
CIMENTACIÓN APOYADA EN MEDIO ELÁSTICO [ESFUERZOS (RESISTENCIA)]

ESPESOR LOSA DE CIMENTACIÓN:
e = **15** cm

MÓDULO DE BALASTO:
K = **4066** KN/m^3

RESISTENCIA COMPRESIÓN CONCRETO:
f'_c = **21,00** MPa

LONGITUD DE LA FAJA:
L = **1,50** m

COEFICIENTE DE POISSON:
ν = **0,20**

LONGITUD ELÁSTICA:
$L_{ELÁSTICA}$ = **1,66** m

$$L_{ELÁSTICA} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot \left(\frac{E_{cm}}{1-\nu^2}\right) \cdot I_{bruta}}{b \cdot K}}$$

LONGITUD RELATIVA (Ó CEDIBILIDAD):
λ = **0,91** → **VIGA RÍGIDA** λ<1

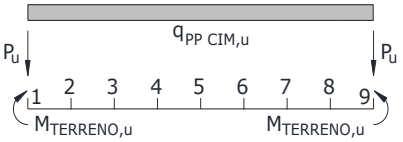
MÓDULO DE DEFORMACIÓN LONGITUDINAL DEL HORMIGÓN:
E_c = **21538,11** MPa

MÓDULO DE DEFORMACIÓN EQUIVALENTE A PLACA:
$E_c/1-\nu^2$ = **27202,81** MPa

INERCIA BRUTA FAJA ANCHO UNIDAD:
I_{bruta} = **28125,0** cm^4/m

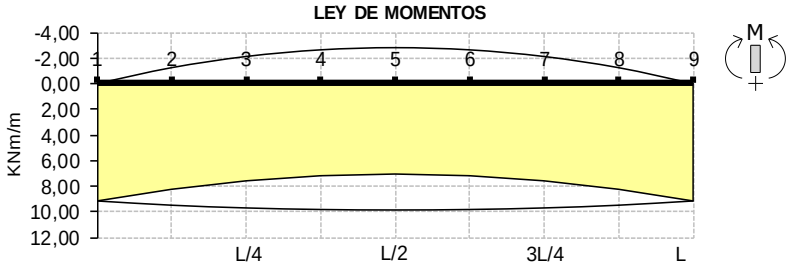
HIPÓTESIS 1: DEPOSITO VACÍO Y TERRENO EN TRASDÓS (ESFUERZOS (RESISTENCIA))

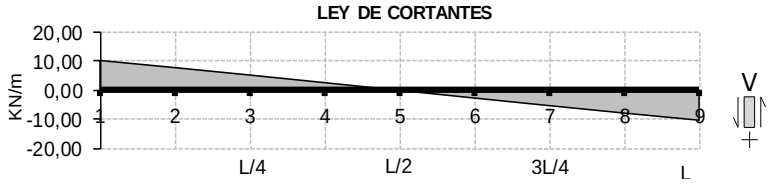
$M_{TERRENO,u}$ = **9,16** KNm/m
P_u = **10,30** KN/m
$q_{PP\ CIM,u}$ = **5,87** KN/m



ESFUERZOS (M Y V) (RESISTENCIA)					FUNCIONES [5]				
PUNTO	POSICIÓN	x	$M_{u,tot}(x)$	$V_{u,tot}(x)$	M(M,x)	M(P,x)	V(M,x)	V(P,x)	M,V(q,x)
		m	KNm/m	KN/m	KNm/m	KNm/m	KNm/m	KNm/m	varias
1	**0**	**0,00**	**9,16**	**10,30**	9,16	0,00	0,00	10,30	0,00
2	**L/8**	**0,19**	**8,25**	**7,84**	9,49	-1,24	0,19	7,65	0,00
3	**L/4**	**0,38**	**7,59**	**5,28**	9,71	-2,12	0,21	5,07	0,00
4	**3L/8**	**0,56**	**7,19**	**2,66**	9,83	-2,63	0,13	2,52	0,00
5	**L/2**	**0,75**	**7,06**	**0,00**	9,86	-2,81	0,00	0,00	0,00
6=4	**5L/8**	**0,94**	**7,19**	**-2,66**	9,83	-2,63	-0,13	-2,52	0,00
7=3	**3L/4**	**1,13**	**7,59**	**-5,28**	9,71	-2,12	-0,21	-5,07	0,00
8=2	**7L/8**	**1,31**	**8,25**	**-7,84**	9,49	-1,24	-0,19	-7,65	0,00
9=1	**L**	**1,50**	**9,16**	**-10,30**	9,16	0,00	0,00	-10,30	0,00

SIGNOS:





[1] FUNCIONES TOMADAS DE GEOTECNIA Y CIMIENTOS III (PRIMERA PARTE). JIMÉNEZ SALAS.

PROYECTO: ELEMENTO:SEDIMENTADOR		
CIMENTACIÓN APOYADA EN MEDIO ELÁSTICO [ESFUERZOS (RESISTENCIA)]		

ESPESOR LOSA DE CIMENTACIÓN:
$e =$ **15** cm

MÓDULO DE BALASTO:
$K =$ **4066** KN/m^3

RESISTENCIA COMPRESIÓN CONCRETO:
$f'_c =$ **21,00** MPa

LONGITUD DE LA FAJA:
$L =$ **1,50** m

COEFICIENTE DE POISSON:
$\nu =$ **0,20**

LONGITUD ELÁSTICA:
$L_{ELÁSTICA} =$ **1,66** m

$$L_{ELÁSTICA} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot \left(\frac{E_{cm}}{1-\nu^2}\right) \cdot I_{bruta}}{b \cdot K}}$$

LONGITUD RELATIVA (Ó CEDIBILIDAD):
$\lambda =$ **0,91** → **VIGA RÍGIDA** $\lambda < 1$

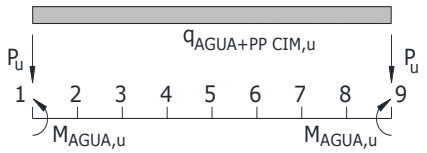
MÓDULO DE DEFORMACIÓN LONGITUDINAL DEL HORMIGÓN:
$E_c =$ **21538,11** MPa

MÓDULO DE DEFORMACIÓN EQUIVALENTE A PLACA:
$E_c/1-\nu^2 =$ **27202,81** MPa

INERCIA BRUTA FAJA ANCHO UNIDAD:
$I_{bruta} =$ **28125,0** cm^4/m

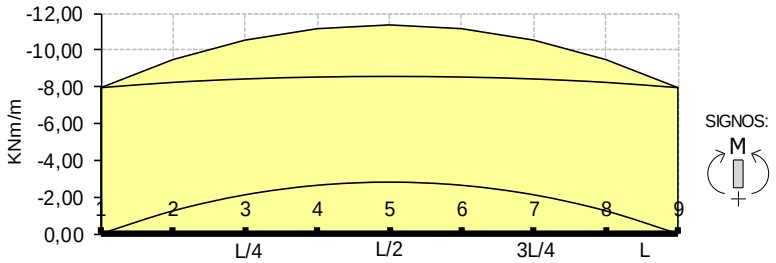
HIPÓTESIS 2: DEPOSITO LLENO Y SIN TERRENO EN TRASDÓS (ESFUERZOS (RESISTENCIA))

$M_{AGUA.u} =$ **7,95** KNm/m
$P_u =$ **10,30** KN/m
$q_{AGUA+PP\ CIM,u} =$ **26,17** KN/m

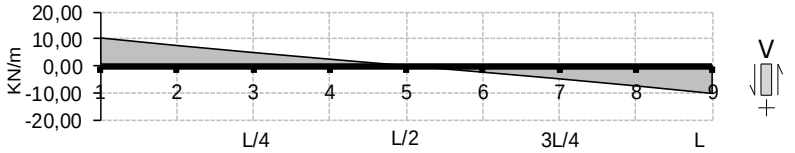


ESFUERZOS (M Y V) (RESISTENCIA)					FUNCIONES [1]				
PUNTO	POSICIÓN	x	$M_{u,tot}(x)$	$V_{u,tot}(x)$	M(M,x)	M(P,x)	V(M,x)	V(P,x)	M,V(q,x)
		m	KNm/m	KN/m	KNm/m	KNm/m	KNm/m	KNm/m	varias
1	**0**	**0,00**	**-7,95**	**10,30**	-7,95	0,00	0,00	10,30	0,00
2	**L/8**	**0,19**	**-9,48**	**7,49**	-8,24	-1,24	-0,16	7,65	0,00
3	**L/4**	**0,38**	**-10,54**	**4,88**	-8,42	-2,12	-0,18	5,07	0,00
4	**3L/8**	**0,56**	**-11,16**	**2,41**	-8,53	-2,63	-0,12	2,52	0,00
5	**L/2**	**0,75**	**-11,37**	**0,00**	-8,56	-2,81	0,00	0,00	0,00
6=4	**5L/8**	**0,94**	**-11,16**	**-2,41**	-8,53	-2,63	0,12	-2,52	0,00
7=3	**3L/4**	**1,13**	**-10,54**	**-4,88**	-8,42	-2,12	0,18	-5,07	0,00
8=2	**7L/8**	**1,31**	**-9,48**	**-7,49**	-8,24	-1,24	0,16	-7,65	0,00
9=1	**L**	**1,50**	**-7,95**	**-10,30**	-7,95	0,00	0,00	-10,30	0,00

LEY DE MOMENTOS



LEY DE CORTANTES



[1] FUNCIONES TOMADAS DE GEOTECNIA Y CIMIENTOS III (PRIMERA PARTE). JIMÉNEZ SALAS.

PROYECTO:
ELEMENTO:SEDIMENTADOR
CIMENTACIÓN APOYADA EN MEDIO ELÁSTICO [HUNDIMIENTO | SERVICIO]

ESPESOR LOSA DE CIMENTACIÓN:
$e =$ **15** cm

MÓDULO DE BALASTO:
$K =$ **4066** KN/m^3

RESISTENCIA COMPRESIÓN CONCRETO:
$f'_c =$ **21,00** MPa

LONGITUD DE LA FAJA:
$L =$ **1,50** m

COEFICIENTE DE POISSON:
$\nu =$ **0,20**

LONGITUD ELÁSTICA:
$L_{ELÁSTICA} =$ **1,66** m

$$L_{ELÁSTICA} = \sqrt[4]{\frac{4\cdot\left(\frac{E_{cm}}{1-\nu^2}\right)\cdot I_{bruta}}{b\cdot K}}$$

LONGITUD RELATIVA (Ó CEDIBILIDAD):
$\lambda =$ **0,91** → **VIGA RÍGIDA** | $\lambda<1$

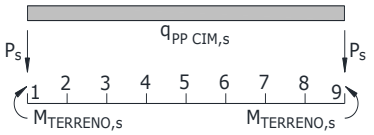
MÓDULO DE DEFORMACIÓN LONGITUDINAL DEL HORMIGÓN:
$E_c =$ **21538,11** MPa

MÓDULO DE DEFORMACIÓN EQUIVALENTE A PLACA:
$E_c/1-\nu^2 =$ **27202,81** MPa

INERCIA BRUTA FAJA ANCHO UNIDAD:
$I_{bruta} =$ **28125,0** cm^4/m

HIPÓTESIS 1: DEPOSITO VACÍO Y TERRENO EN TRASDÓS (TENSIONES Y ASIENTOS EN SERVICIO)

$M_{TERRENO,s} =$ **5,39** KNm/m
$P_s =$ **6,00** KN/m
$q_{PP\ CIM,s} =$ **3,45** KN/m

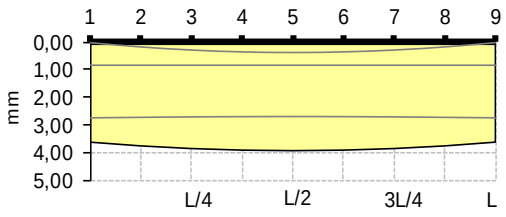


s>0 HACIA ABAJO

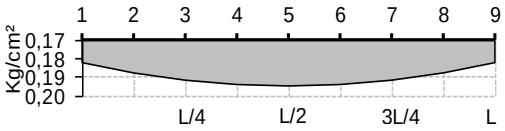
ASIENTOS Y LEY DE PRESIONES				FUNCIONES [1]		
PUNTO	x	$s_{total}(x)$	$\sigma_{bruta}(x)$	s(M,x)	s(P,x)	s(q,x)
	m	mm	Kg/cm^2	mm	mm	mm
1	**0,00**	**3,63**	**0,18**	0,03	2,75	0,85
2	**0,19**	**3,77**	**0,19**	0,19	2,73	0,85
3	**0,38**	**3,87**	**0,19**	0,30	2,72	0,85
4	**0,56**	**3,92**	**0,19**	0,36	2,71	0,85
5	**0,75**	**3,94**	**0,19**	0,39	2,71	0,85
6=4	**0,94**	**3,92**	**0,19**	0,36	2,71	0,85
7=3	**1,13**	**3,87**	**0,19**	0,30	2,72	0,85
8=2	**1,31**	**3,77**	**0,19**	0,19	2,73	0,85
9=1	**1,50**	**3,63**	**0,18**	0,03	2,75	0,85

[1] FUNCIONES TOMADAS DE GEOTECNIA Y CIMIENTOS III (PRIMERA PARTE). JIMÉNEZ SALAS.

ASIENTOS



TENSIÓN BRUTA



ASIENTO MÁXIMO
$s_{máx} =$ **3,94** mm
≤ 50,00 mm — CUMPLE

ASIENTO DIFERENCIAL MÁXIMO
$\delta s15 =$ **0,31** mm

DISTORSIÓN ANGULAR MÁX.
$\beta_{máx} =$ 1/500
$\beta 12 =$ **1/1378** — CUMPLE

PRESIÓN TOTAL BRUTA
$q_b =$ **0,11** Kg/cm^2

TENSIÓN ADMISIBLE
$\sigma_{adm} =$ 1,00 Kg/cm^2

PRESIÓN TOTAL NETA
$q_{neta} =$ **0,11** Kg/cm^2 — CUMPLE

PRESIÓN EFECTIVA BRUTA
$q'_b =$ **0,11** Kg/cm^2

PRESIÓN BRUTA MEDIA
$q_{b.med} =$ **0,19** Kg/cm^2

PRESIÓN BRUTA MÁXIMA
$q_{b,max} =$ **0,19** Kg/cm^2
$q_{b,max} =$ 1,03 $\cdot q_{b,med}$

PROYECTO:
ELEMENTO:SEDIMENTADOR
CIMENTACIÓN APOYADA EN MEDIO ELÁSTICO [HUNDIMIENTO | SERVICIO]

ESPESOR LOSA DE CIMENTACIÓN:
e = **15** cm

MÓDULO DE BALASTO:
K = **4066** KN/m^3

RESISTENCIA COMPRESIÓN CONCRETO:
f'_c = **21,00** MPa

LONGITUD DE LA FAJA:
L = **1,50** m

COEFICIENTE DE POISSON:
ν = **0,20**

LONGITUD ELÁSTICA:
$L_{ELÁSTICA}$ = **1,66** m

$$L_{ELÁSTICA} = \sqrt[4]{\frac{4\cdot\left(\frac{E_{cm}}{1-\nu^2}\right)\cdot I_{bruta}}{b\cdot K}}$$

LONGITUD RELATIVA (Ó CEDIBILIDAD):
λ = **0,91** → **VIGA RÍGIDA** | λ<1

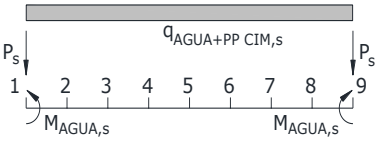
MÓDULO DE DEFORMACIÓN LONGITUDINAL DEL HORMIGÓN:
E_c = **21538,11** MPa

MÓDULO DE DEFORMACIÓN EQUIVALENTE A PLACA:
$E_c/1-\nu^2$ = **27202,81** MPa

INERCIA BRUTA FAJA ANCHO UNIDAD:
I_{bruta} = **28125,0** cm^4/m

HIPÓTESIS 2: DEPOSITO LLENO SIN TERRENO EN TRASDÓS (TENSIONES Y ASIENTOS EN SERVICIO)

$M_{AGUA.s}$ = **5,68** KNm/m
P_s= **6,00** KN/m
$q_{AGUA+PP\ CIM,s}$ = **17,95** KN/m
$q_{AGUA+PP\ CIM,s}$ SÓLO PROVOCA ASIENTO

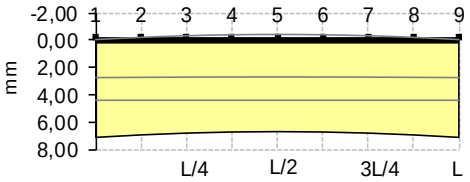


s>0 HACIA ABAJO

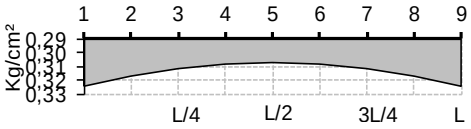
ASIENTOS Y LEY DE PRESIONES				FUNCIONES [1]		
PUNTO	x	$s_{total}(x)$	$\sigma_{bruta}(x)$	s(M,x)	s(P,x)	s(q,x)
	m	mm	Kg/cm^2	mm	mm	mm
1	**0,00**	**7,13**	**0,32**	-0,03	2,75	4,41
2	**0,19**	**6,95**	**0,32**	-0,20	2,73	4,41
3	**0,38**	**6,82**	**0,31**	-0,31	2,72	4,41
4	**0,56**	**6,74**	**0,31**	-0,38	2,71	4,41
5	**0,75**	**6,71**	**0,31**	-0,41	2,71	4,41
6=4	**0,94**	**6,74**	**0,31**	-0,38	2,71	4,41
7=3	**1,13**	**6,82**	**0,31**	-0,31	2,72	4,41
8=2	**1,31**	**6,95**	**0,32**	-0,20	2,73	4,41
9=1	**1,50**	**7,13**	**0,32**	-0,03	2,75	4,41

[1] FUNCIONES TOMADAS DE GEOTECNIA
Y CIMIENTOS III (PRIMERA PARTE). JIMÉNEZ SALAS.

ASIENTOS



TENSIÓN BRUTA



ASIENTO MÁXIMO
$s_{máx}$ = **7,13** mm
≤ 50,00 mm — CUMPLE

ASIENTO DIFERENCIAL MÁXIMO
$\delta s15$ = **0,42** mm

DISTORSIÓN ANGULAR MÁX.
$\beta_{máx}$ = 1/500
$\beta 12$ = **1/1036** — CUMPLE

PRESIÓN TOTAL BRUTA
q_b = **0,26** Kg/cm^2

TENSIÓN ADMISIBLE
σ_{adm} = 1,00 Kg/cm^2

PRESIÓN TOTAL NETA
q_{neta} = **0,26** Kg/cm^2 — CUMPLE

PRESIÓN EFECTIVA BRUTA
q'_b = **0,26** Kg/cm^2

PRESIÓN BRUTA MEDIA
$q_{b.med}$ = **0,31** Kg/cm^2

PRESIÓN BRUTA MÁXIMA
$q_{b.max}$ = **0,32** Kg/cm^2
$q_{b,max}$ = 1,03 · $q_{b,med}$

FLEXIÓN SIMPLE PÉSIMA

Resistencia flexión simple y cortante y servicio (fisuración) en muros y losas según E.060

PROYECTO:
ELEMENTO: COMBINACIÓN PÉSIMA SEDIMENTADOR LLENO

DATOS:
GEOMETRÍA:
ESPESOR = 15 cm
H I P.COMP. = 0,00 m
c_c = 3,5 cm
POSICIÓN DEL REFUERZO: CENTRAL
POSICIÓN DEL REFUERZO: HORIZONTAL
TIPO DE ELEMENTO: LOSA MACIZA
ESFUERZOS PÉSIMOS EN ROTURA:
M_u = 13,31 KNm/m
N_u = 0,00 KN/m
V_u = 11,90 KN/m
ESFUERZO PÉSIMO EN SERVICIO:
M_s = 9,51 KNm/m
CARACT. MECÁNICAS MATERIALES:
f'_c = 21,0 MPa
f_y = 420 MPa
PESO UNITARIO CONCRETO:
w_c = 2300 Kg/m^3
ARMADURA: N°
3/8" / 15,0 cm | 1
ARMADURA CARA 2: N° BARRAS
FACTORES DE MINORACIÓN DE RESIST:
Φ_1 = 0,90 FLEXIÓN
Φ_2 = 0,85 CORTE
Φ_3 = 0,80 AXIL (T)
ÁREA DE ACERO REQUERIDA [Mu=ΦMn]:
$A_{s,\Phi Mn}$ = 4,44 cm^2/m
ÁREA DE ACERO REQUERIDA [Mu=1,2·Mcr]:
$A_{s,1,2\cdot Mcr}$ = cm^2/m

RESULTADOS:
CONCRETO SIMPLE:
$\Phi \cdot M_n$ = 4,69 KNm/m NO CUMPLE
$\Phi \cdot V_n$ = 49,15 KN/m CUMPLE
ROTURA FLEXIÓN Y CORTANTE:
RESISTENCIAS DE DISEÑO:
$\Phi_1 \cdot M_n$ = 14,19 KNm/m CUMPLE
$\Phi_2 \cdot V_n$ = 55,97 KN/m CUMPLE
COMPROBACIÓN FISURACIÓN SERVICIO:
MOMENTO DE AGRIETAMIENTO:
M_{cr} = 10,65 KNm/m
PARÁMETRO FISURACIÓN Z:s26 [9-18]:
Z = - KN/mm CUMPLE
→ NO SE FISURA: Ms≤Mcr
CUANTÍAS MÍNIMAS:
RETRACCIÓN Y TEMPERATURA (ART 9.7):
$A_{s\,min,g}$ = 2,70 cm^2/m CUMPLE
MECÁNICA FLEXIÓN*:
$A_{s\,min,m}$ = - cm^2/m CUMPLE

DIÁMETRO	$A_{s,real}$	MASA
MM - [#]	cm^2/m	Kg/m^3
9.53 - [3/8"]	4,7554	24,84
MM - [#]	cm^2/m	Kg/m^3
-	-	-

DEFORMACIÓN MÁX HORMIGÓN < 3 ‰:
ε_c = 0,39 ‰ CUMPLE
SEPARACIÓN BARRAS:
sep_{barras} = 140,5 mm
sep_{min} = 10,0 mm CUMPLE
$sep_{máx}$ = 400,0 mm CUMPLE

CÁLCULOS:
CONCRETO SIMPLE:
M_n = 7,22 KNm/m RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
V_n = 75,61 KNm/m RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
FLEXIÓN:
T = 199,73 KN TRACCIÓN MÁXIMA EN EL ACERO DE REFUERZO
β_1 = 0,85 FACTOR ARTÍCULO 10.2.7.3
E_c = 21735,5111 MPa MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO [ART 8.5.2]
E_s = 200000 MPa MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO [ART 8.5.5]
ε_y = 2,10 ‰ DEFORMACIÓN CEDENTE
d = 8,45 cm DISTANCIA DE LA F. EXTREMA COMPRIMIDA Y EL BARICENTRO DEL ACERO DE REFUERZO LONGITUDINA
d' = 6,55 cm DISTANCIA DE LA F. EXTREMA COMPRIMIDA Y EL BARICENTRO DEL ACERO DE REFUERZO A COMPRESIÓ
a = 1,12 cm ESPESOR BLOQUE RECTANGULAR EQUIVALENTE DE CONCRETO COMPRIMIDO [ART 10.2.7.1]
c = 1,32 cm DISTANCIA DE LA FIBRA CON MÁXIMA DEFORMACIÓN EN COMPRESIÓN A EJE NEUTRO
z = 7,89 cm BRAZO (MOMENTO NOMINAL)
M_n = 15,77 KNm RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
f_s = 262,87 MPa ESFUERZO EN EL ACERO [ART 10.3.2.1]
d_c = 65,5 mm
A_{ct} = 130940,0 mm^2
f_r = 2,84 MPa MÓDULO DE ROTURA
I = 28125,0 cm^4/m MOMENTO DE INERCIA DE LA SECCIÓN TOTAL DESPRECIANDO EL ACERO DE REFUERZO
y_t = 7,50 cm DISTANCIA DEL BARICENTRO DE LA SECCIÓN DESPRECIANDO EL ACERO A LA FIBRA EXTREMA TRACC.
S_m = 3750 cm^3 MÓDULO ELÁSTICO DE LA SECCIÓN
CORTANTE:
$[f'_c]^{1/2}$ = 4,58 MPa
M_m = 13,31 KNm/m TABLA 11.3
ρ_v = 3,17 ‰ CUANTÍA DEL REFUERZO DEL ALMA
V_c = 65,9 KN/m FÓRMULAS 11.4
ARMADURAS MÍNIMAS:
ARMADURA MÍNIMA RETRACCIÓN Y TEMPERATURA:
$A_{s,min\ G}$= 2,70 cm^2/m TABLA 7.7
$A_{s,min\ Gc}$= 1,80 cm^2/m ARTÍCULO 10.5.4
ARMADURA MÍNIMA MECÁNICA FLEXIÓN:
$1{,}2 \cdot M_{cr}$ = 12,79 KNm/m
$A_{s,min\ M}$= 2,03 cm^2/m ARTÍCULO 10.5.1 Y 10.5.2
$1/3 \cdot A_{s,\Phi Mn}$ = 1,48 cm^2/m

*NOTA (ARTÍCULO 10.5.3): LA CUANTÍA MÍNIMA MECÁNICA NO ES NECESARIO DISPONERLA EN CASO DE QUE EL ÁREA DE ACERO EN TRACCIÓN PROPORCIONADA SEA AL MENOS UN TERCIO SUPERIOR A LA REQUERIDA POR ANÁLISIS

COMPROBACIONES REALIZADAS

Tras el análisis realizado y cumpliendo en todo caso las siguientes condiciones:

- Estructura técnicamente válida para resistir los esfuerzos generados por la actuación de las cargas previstas en la normativa.
- Simplificación de la ejecución en obra de las estructuras.

En base al cumplimiento de las dos condiciones anteriores, se ha tratado de realizar la estructura más económica posible.

<u>Tal y como se comprueba es posible realizar los muros y la solera del sedimentador con un espesor del concreto de 15cm tanto en muros como en la solera y un refuerzo colocado en la superficie media formado por:</u>

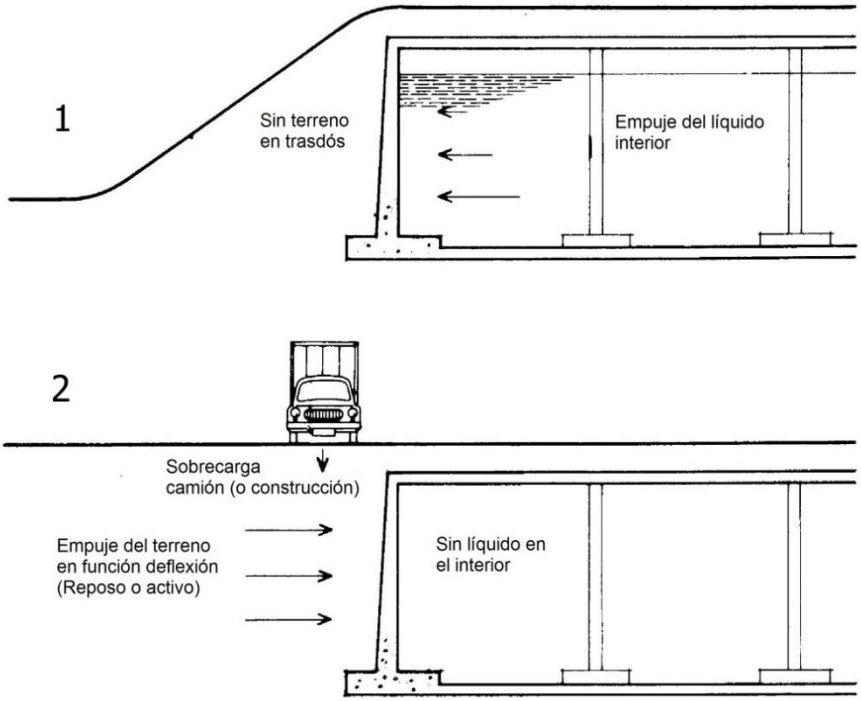
- Mallazo #3/8”/17,5 cm en muros.
- Mallazo #3/8”/15 cm en la solera.

RESERVORIO

Se han calculado y dimensionado contemplando dos hipótesis básicas de carga diferentes:

1) Reservorio lleno de agua en su interior sin la colaboración de las tierras del trasdós de los muros del depósito.

2) Reservorio vacío sometido a la acción exterior del terreno, teniendo en cuenta únicamente los esfuerzos producidos por el empuje de las tierras.



Cada una de dichas hipótesis básicas de carga se ha contemplado a su vez considerándose la posible existencia de sismo ó no, por lo que se obtienen un total de 7 hipótesis de cálculo totales (resistencia y servicio (fisuración y deflexiones)):

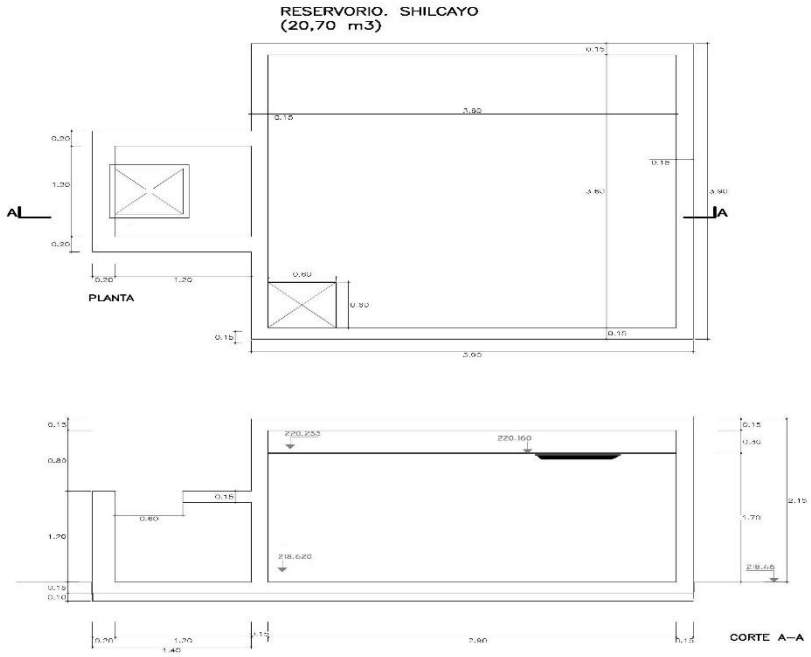
- **Hipótesis 1 (Resistencia)** [Reservorio lleno de líquido sin presión terreno exterior sin sismo]
  H1U: U = 1,4•CM+1,7•CV+1,4•CL
- **Hipótesis 2 (Resistencia) [Reservorio vacío con presión terreno exterior sin sismo]**
  H2U: U = 1,4•CM+1,7•CV+1,7•CE
- **Hipótesis 3 (Resistencia)** [Reservorio lleno de líquido sin presión terreno exterior con sismo]
  H3U: U = 1,25•(CM+CV+CL) ±CS
- **Hipótesis 4 (Resistencia)** [Reservorio vacío con presión terreno exterior con sismo]
  H4U: U = 1,25•(CM+CV+CE) ±CS
- **Hipótesis 5 (Servicio)** [Reservorio lleno de líquido sin presión terreno exterior]
  H5S: U = 1,00•(CM+CV+CL)
- **Hipótesis 6 (Servicio)** [Reservorio vacío con presión terreno exterior sin sismo]
  H6S: U = 1,00•(CM+CV+CE)
- **Hipótesis 7 (Estabilidad)** [Reservorio vacío con sismo]
  H7U: U = 0,9•CM±CS

Donde:
CM = Cargas muertas ó momentos y fuerzas internas correspondientes
CV = Cargas vivas ó momentos y fuerzas internas correspondientes

CS= Efectos de carga producidos por el sismo ó momentos y fuerzas internas correspondientes
CL= Presión de líquidos con densidades bien definidas y alturas máximas controladas
CE=Efecto del peso y empuje lateral de suelos

Al no estar enterrado el reservorio sólo se han considerado las solicitaciones de líquido en el interior del depósito.

Se muestra a continuación la geometría del reservorio.



Se muestran a continuación los datos de cálculo utilizados para dimensionar los espesores y cuantías de acero:

Tabla resumen de datos básicos de cálculo del reservorio	
Altura de los alzados (muros)	2,15 m
Calado interior de agua pésimo	1,70 m
Altura de tierras (filtro) sobre el alzado	-
Tipo de empuje en trasdós	-

ACCIONES

Se muestran a continuación los empujes considerados en los cálculos obtenidos de ACI 350.3-06:

INDICE

ANALISIS Y DISEÑO DE RESERVORIOS RECTANGULARES SEGÚN E.060

1.00. GEOMETRIA Y MATERIALES DEL RESERVORIO.

DATOS GEOMÉTRICOS:

LARGO:	3.60	m
ANCHO:	3.60	m
ALTURA:	2.15	m
ESPESOR ALZADO:	15	cm
ESPESOR SOLERA:	15	cm

INTRADÓS:

CALADO LÍQUIDO: 1.70 m

(H_L EN ACI 350.3-06)

TRASDÓS:

ALTURA TIERRAS: m

PROF NIVEL FREÁTICO: m

MATERIALES (RES. ESPECIFICADA):

COMPRESIÓN (CONCRETO):

f'_c = 21 MPa

FLUENCIA (ACERO DE REFUERZO):

f_Y = 420 MPa

COEFICIENTE DE POISSON:

ν = 0.20

PESO UNITARIO CONCRETO:

w_c = 2300 kg/m^3

INTRADÓS:

PESO ESPECÍFICO:

$\gamma_{líq}$ = 1000.0 kg/m^3

TRASDÓS:

PESO ESPECÍFICO APARENTE:

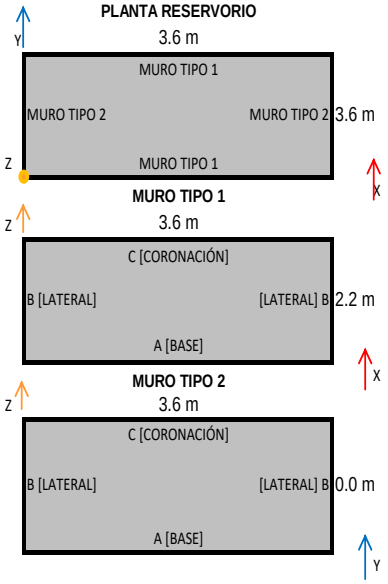
γ_{ap} = kg/m^3

PESO ESPECÍFICO SATURADO:

$\gamma_{t,sat}$ = kg/m^3

ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO:

φ = °



2.00. SOLICITACIONES SIN SISMO

E_c = 21735.51 MPa **[8-2]**

D = 6368 KNm

52.89

SOBRECARGA SOBRE TERRENO:

q_{SC} = kg/m^2

EMPUJES TRASDÓS ESTÁTICOS (COULOMB)

DISTRIBUCIONES LINEALES VERTICALES DE EMPUJES ESTÁTICOS

COEFICIENTE DE EMPUJE:

K =

PROFUNDIDAD	CE1 E [KN/m]	CE2 E_{sum} [KN/m]	CE3 EQ [KN/m]	CE4 E_{AT} [KN/m]
-	-	-	-	-
	-			
	-	-		-
-	-	-	-	-

PESO ESPECÍFICO SUMERGIDO:

γ_{sum}= - kg/m^3

COEFICIENTES DE EMPUJE:

ACTIVO: K_A = -

REPOSO: K_O = -

CE = CE1+CE2+CE3+CE4

EMPUJES INTRADÓS HIDROSTÁTICOS

ALTURA [Y]	CL [KN/m]
1.70 m	0.00
0.00 m	17.00

CL = CL

3.00. SOLICITACIÓN SÍSMICA

DATOS Y VALORES NORMA TÉCNICA E.030 (DISEÑO SISMORRESISTENTE) Y EQUIVALENTES EN UBC-97

Nota

Para el cálculo de las acciones sísmicas sobre el Reservorio se ha utilizado la norma **E.030 Diseño sismorresistente**. Dado que en la misma tal y como indica el Artículo 2 *para el caso de estructuras especiales tales como* ***reservorios****, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles,* ***estructuras hidráulicas****, plantas nucleares y todas aquellas como comportamiento difiera del de las edificaciones, se requieren consideraciones adicionales que complementen las exigencias aplicables de la presente Norma*se ha utilizado a su vez para el cálculo justificativo de las acciones sísmicas en el Reservorio la norma **ACI 350.3-06** específica para esta clase de estructuras. Para la aplicación de dicha norma se han correlacionado los valores que aporta **E.030** con los equivalentes aportados por el **UBC-97** en el cual la formulación de la aceleración máxima del terreno es similar al factor Z aportado por E.030 (aquella con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años). Dicha correlación requiere la utilización del método alternativo propuesto en el Apéndice B de **ACI 350.3-06**. A continuación se muestran los valores peruanos y sus términos equivalentes estadounidenses necesarios.

E.030: DISEÑO SISMORRESISTENTE
ACI 350.3-06: SEISMIC DESIGN OF LIQUID-CONTAINING CONCRETE STRUCTURES AND COMMENTARY (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)
UBC-97: UNIFORM BUILDING CODE (INTERNATIONAL CONFERENCE OF BUILDING OFFICIALS)

SITUACIÓN: DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

UBC-97

NORMA PERUANA (E.030)

ZONA 2 →

FACTOR DE ZONA (Z):
Z = 0.30 → Z = 0.30

CONDICIONES GEOTÉCNICAS:
SUELO S2 → TIPO: SUELOS INTERMEDIOS SOIL PROFILE S_D

PARÁMETRO DEL SUELO:
T_p = 0.60 C_a = 0.36
FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DEL SUELO: C_v = 0.84
S = 1.20 N_a = 1.00
CATEGORÍA DE LA CONSTRUCCIÓN: COEFICIENTE DE USO E IMPORTANCIA: N_v = 1.00
A → U = 1.50 T_s = 0.93
C_T = 60 [MUROS DE CORTE ART 17.2] 0.54
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE FUERZA SÍSMICA: PERIODO FUNDAMENTAL: 0.48
R = 6.0 **[TABLA N° 6]** T = 0.03 $2{,}5 \cdot C_a$ = 0.90
% DE CARGA VIVA COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA:
80.0 % **[16.3]** C = 2.50
ACELERACIÓN ESPECTRAL DE PSEUDO-ACELERACIONES AC. ESP. VERT DE PSEUDO-AC.:
S_a = 0.225 ·g S_{aV} = 0.150 ·g

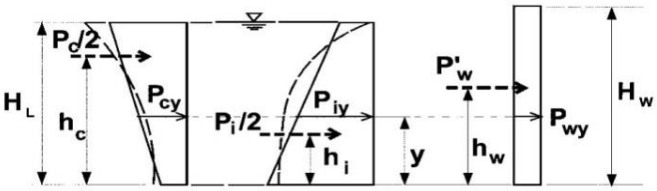
NORMA ACI 350.3-06

COEFICIENTES FREC. FUNDAMENTAL
C_i = 0.54
C_c = 1.35
FACTORES DE MOD. DE RESPUESTA
R_i = 2.00
R_c = 1.00
FACTOR DE IMPORTANCIA
I = 1.25
PESO LIQUIDO
W_L = 142.56 KN
PESO ALZADOS
W'_w = 72.45 KN
PESO CUBIERTA
W_r = 40.75 KN
RELACIONES GEOMÉTRICAS:
L/H_L = 2.25
H_L/L = 0.44
W_i/W_L = 0.49
PESO EQUIVALENTE COMPONENTE IMPULSIVA
W_i = 70.25 KN
W_c/W_L = 0.53
PESO EQUIVALENTE COMPONENTE IMPULSIVA
W_c = 14.04 KN
ALTURA CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS ALZADOS
h_w = 1.03 m

ALTURA CENTROS DE GRAVEDAD [EBP: SIN PRESIÓN BASE]
h_i = 0.60 m
h_c = 0.91 m
ALTURA CENTROS DE GRAVEDAD [IBP: CON PRESIÓN BASE]
h'_i = 1.42 m
h'_c = 1.51 m
PROPIEDADES DINÁMICAS:
C_w = 0.16
C_i = 0.45
FRECUENCIA DEL MODO IMPULSIVO DE VIBRACIÓN:
m_w = 0.56
m_i = 3.26
h = 0.66 m
ω_i = 4.06 rad/s
T_i = 1.55 s
FRECUENCIA DEL MODO CONVECTIVO DE VIBRACIÓN:
λ = 5.24
ω_c = 2.76 rad/s
T_c = 2.27 s
PERIODO DEL MODO VERTICAL DE VIBRACIÓN:
T_v = 0.01 s
T_S = 0.53 s
COEFICIENTE EFECTIVO DE MASA:
ε = 0.85
MASA IMPULSIVA
m_i = 15.54 Kg

EMPUJES HIDRODINÁMICOS (ACI 530.3-06)

DISTRIBUCIONES VERTICALES DE SOLICITACIONES SÍSMICAS:



CONVECTIVA IMPULSIVA INERCIA (MURO)

——— DISTR. LINEAL ---------DIST. EXACTA

FUERZA DE INERCIA (ACELERACIÓN MURO)

P_w = **4.34** KN

F. DE INERCIA (ACELERACIÓN MURO PERP.DIRECCIÓN SISMO)

P'_w = **4.34** KN

F. DE INERCIA (ACELERACIÓN CUBIERTA)

P_r = **1.06** KN

FUERZA IMPULSIVA TOTAL

P_i = **1.94** KN

FUERZA CONVECTIVA TOTAL

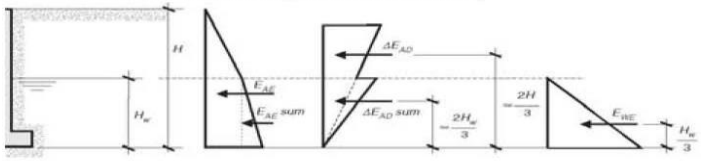
P_c = **23.69** KN

DISTRIBUCIONES LINEALES VERTICALES DE SOLICITACIONES SÍSMICAS:

ALTURA [Y]	CONV. CS1 P_c [KN/m]	IMPUL. CS2 P_i [KN/m]	INERCIA CS3 P_w [KN/m]
2.15 m	-	-	**0.90**
1.70 m	**3.28**	**0.05**	
0.00 m	**1.05**	**0.28**	**0.90**

CS = CS1+CS2+CS3

EMPUJES TERRENO DINÁMICOS (MONONOBE-OKABE)



DISTRIBUCIONES VERTICALES DE SOLICITACIONES SÍSMICAS:

PSEUDO ACELERACIÓN:

S_a = - ·g

COEFS. DE EMPUJE ACTIVO DINÁMICO (MONONOBE-OKABE)

K_{AE} =	-	
K_{AD} =	-	
K_{AD}^{sum} =	-	
ΔE_{ADcD} =	-	
ΔE_{ADsc} =	-	
ΔE_{AD}^{sum} =	-	CM
ΔE_{AD}^{sum} =	-	CV

DISTRIBUCIONES LINEALES VERTICALES DE SOLICITACIONES SÍSMICAS (EMPUJES TERRENO):

PROFUNDIDAD	CE1 EAE [KN/m]	CE1 EAE_{sum} [KN/m]	CE2 EAE [KN/m]	CE3 E_{AT} [KN/m]	CS1 ΔE_{AD} [KN/m]	CS1 ΔE_{AD}^{s} [KN/m]	CS2 ΔE_{AD} [KN/m]
-	-	-	-	-	-	-	-
	-						-
	-	-		-		-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

CE = CE1+CE2+CE3

CS=CS1+CS2

4.00. ESFUERZOS PÉSIMOS CONCOMITANTES (SALIDA DE DATOS SAP2000)

ESFUERZOS PÉSIMOS CONCOMITANTES (SAP)										
COMB	CASO	NUDO	F11 KN/m	F22 KN/m	F12 KN/m	M11 KNm/m	M22 KNm/m	M12 KNm/m	V13 KN/m	V23 KN/m
RES	F11 MAX	10	25.9	28.6	7.2	1.8	1.0	-0.5	8.1	-1.7
RES	F11 MIN	80	-17.3	-13.5	-23.4	-0.9	-1.4	1.1	1.8	-10.9
RES	F22 MAX	4	25.0	29.2	-6.8	1.9	0.7	0.4	-3.0	-6.1
RES	F22 MIN	30	-14.4	-36.4	-20.9	-1.4	-3.9	-2.6	-1.5	-2.1
RES	F12 MAX	32	2.8	21.3	30.4	0.6	1.1	0.6	1.5	-1.1
RES	F12 MIN	32	2.4	16.8	-30.4	0.2	0.5	-0.5	-1.5	-9.4
RES	M11 MAX	94	11.5	4.9	0.1	6.9	6.9	-0.5	-2.2	2.6
RES	M11 MIN	66	-1.2	-0.4	1.7	-5.5	-2.0	-2.6	3.3	-4.5
RES	M22 MAX	94	11.5	4.9	0.1	6.9	6.9	-0.5	-2.2	2.6
RES	M22 MIN	69	-2.4	-17.8	0.9	-3.4	-7.8	-0.7	0.3	-3.3
RES	M12 MAX	90	12.2	10.4	-9.0	-0.1	-0.1	3.1	35.0	-29.5
RES	M12 MIN	92	-0.6	-0.7	8.3	0.7	0.2	-2.8	-29.6	-41.8
RES	V13 MAX	66	10.2	0.2	-3.6	-2.4	0.8	-1.5	41.8	-20.6
RES	V13 MIN	30	-2.6	-3.9	0.6	-2.4	0.9	1.5	-36.0	-29.6
RES	V23 MAX	46	-0.8	9.8	1.4	1.2	-1.9	1.9	29.6	36.0
RES	V23 MIN	92	-0.6	-0.7	8.3	0.7	0.2	-2.8	-29.6	-41.8
SERV	F11 MAX	10	18.3	20.1	5.1	1.3	0.7	-0.4	5.7	-1.4
SERV	F11 MIN	80	-12.1	-9.4	-16.4	-0.6	-0.9	0.9	1.4	-7.8
SERV	M22 MAX	94	8.2	3.5	0.1	4.8	4.8	-0.4	-1.7	1.8
SERV	M22 MIN	69	-1.7	-12.4	0.7	-2.4	-5.5	-0.5	0.2	-2.3
SERV	M11 MAX	94	8.2	3.5	0.1	4.8	4.8	-0.4	-1.7	1.8
SERV	M11 MIN	66	-0.9	-0.3	1.3	-3.9	-1.4	-1.8	2.6	-3.1
SERV	F22 MAX	4	17.6	20.5	-5.5	1.4	0.5	0.3	-2.4	-4.9
SERV	F22 MIN	30	-10.1	-25.5	-14.7	-1.0	-2.7	-1.9	-1.1	-1.5

RES = ENVOLVENTE (H1U;H2U;H3U;H4U,H5U)

SERV = ENVOLVENTE (H6S;H7S)

5.00. COMPROBACIONES REALIZADAS

Tras el análisis realizado y cumpliendo en todo caso las siguientes condiciones:

- Estructura técnicamente válida para resistir los esfuerzos generados por la actuación de las cargas previstas en la normativa.
- Simplificación de la ejecución en obra de las estructuras.

En base al cumplimiento de las dos condiciones anteriores se ha comprobado que con un espesor de 15cm en los muros y cimentación y una armadura colocada en la fibra central de la sección de 3/8”/17,5cm se cumplían todos los requisitos establecidos por la normativa.

FLEXIÓN COMPUESTA

Flexión compuesta según E.060

ELEMENTO: F11 MÁX RESERVORIO

DATOS:

ESFUERZOS CONCOMITANTES (RES.):
M_u = 7,80 KNm/m
N_u = 36,40 KN/m

ESFUERZOS CONCOMITANTES (SERVICIO):
M_s = 5,57 KNm/m
N_s = 26,00 KN/m

SIGNO POSITIVO ESFUERZOS:

SECCIÓN (ESTADO DE LA PIEZA): NO FISURADA

POSICIÓN DEL REFUERZO: CENTRAL

A C.A.T.: Ø3/8" SEPARACIÓN: / 17,5 cm

ARM COMP: SEPARACIÓN:

ESPESOR DE LA SECCIÓN:
H = 15 cm

MATERIALES:
f'_c = 21,0 MPa
f_y = 420 MPa

PESO UNITARIO CONCRETO:
w_c = 2300 Kg/m^3

RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO:
r = 3,5 cm

FACTORES DE MINORACIÓN DE RESIST:

TRACCIÓN Ó FLEXOTRACCIÓN:
Φ_1 = 0,90

COMPRESIÓN Ó FLEXOCOMPRESIÓN:
Φ_2 = 0,75

RESULTADOS:

σ FIB. EXTREMAS CÁLCULO	
σ>0 TRAC. - σ<0 COMP.	
$\sigma_{f,superior}$	$\sigma_{f,inferior}$
[MPa]	[MPa]
-1,81	2,29
VALE	VALE
SECCIÓN NO AGRIETADA	
ε FIB. EXTREMAS CÁLCULO	
ε>0 TRAC. - ε<0 COMP.	
$\varepsilon_{f,superior}$	$\varepsilon_{f,inferior}$
[‰]	[‰]
-0,083	0,105
VALE	VALE

COMP. FLEXIÓN COMPUESTA:

ÁREA NECESARIA FLEXIÓN COMP.:
$A_{s|FS}$ = 0,00 cm^2/m
U_s = 36,40 KN/m
$A_{s,d}$ = 0,87 cm^2/m
$A_{s,real}$ = 4,08 cm^2/m
VALE

COMB. AXIL DE CÁLCULO | PROFUNDIDAD:
R = 36,40 KN/m
z = -13,93 cm

ESQUEMA:

CÁLCULOS:

TENSION FIBRAS EXTREMAS EN SERVICIO

AXIL	M.F.SUPERIOR	M.F. INFERIOR
N_s/A_{hom}	$M_s \cdot d_s/I_{hom}$	$M_s \cdot d_i/I_{hom}$
[MPa]	[MPa]	[MPa]
0,17	-1,46	1,47

TENSION FIBRAS EXTREMAS DE CÁLCULO

AXIL	M.F.SUPERIOR	M.F. INFERIOR
N_u/A_{hom}	$M_u \cdot d_s/I_{hom}$	$M_u \cdot d_i/I_{hom}$
[MPa]	[MPa]	[MPa]
0,24	-2,05	2,05

DEFORMACION FLUENCIA REFUERZO:
ε_Y = 2,10 ‰

FALLA BALANCEADA [ART10.3.2]:
T = 171,19 KN
β_1 = 0,85
a = 0,96 cm
c = 1,13 cm

EXCENTRICIDAD AXIL RESPECTO FIBRA NEUTRA EN SECCIÓN NO AGRIETADA:
e* = 21,43 cm = (M_u/N_u)

EXCENTRICIDAD EHLERS (AXIL RESPECTO CDG REFUERZO):
e = 21,91 cm

SOLICITACIÓN: FLEXIÓN COMPUESTA

MOMENTO DE FLEXIÓN SIMPLE EQUIVALENTE:
$M_{u|FS}$ = 0,08 KNm/m

MÓDULOS DE DEFORMACIÓN LONGITUDINAL:
E_c = 21735,5 MPa
E_s = 200000 MPa

COEF. DE EQUIVALENCIA:
n = 9,20 = Es/Ec

SECCIÓN NO AGRIETADA HOMOGENEIZADA:
A_{hom} = 1533,43 cm^2
$y_{g,hom}$ = 7,51 cm
I_{hom} = 28542,64 cm^4

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN FIBRA EXTREMA CONCRETO: $f_{t,máx}$ = 2,29 MPa [ART. 18.4]

ELEMENTO: BIAPOYADO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN FIBRA EXTREMA CONCRETO: $f_{c,máx}$ = 12,60 MPa [ART. 18.4]

RESISTENCIA DEL CONCRETO A TRACCIÓN POR FLEXIÓN: f_r = 2,84 MPa [9-12]

MOMENTO DE AGRIETAMIENTO: M_{cr} = 10,80 KNm/m [9-11]

RESISTENCIA COMPRESIÓN DE LA SECCIÓN:
P_n = 2189,74 KN/m
$\Phi \cdot P_n$ = 1642,30 KN/m
$0,1 \cdot f'_c \cdot A_g$ = 315 KN

RESISTENCIA TRACCIÓN DE LA SECCIÓN:
P_n = 171,19 KN/m
$\Phi \cdot P_n$ = 154,07 KN/m

NÚCLEO CENTRAL: -

CANTO ÚTIL (ARMADO 2 CARAS):
d = - cm

PROF. FIBRA NEUTRA EN SECCIÓN NO FISURADA:
z(fn) = 7,50 cm

Por tanto la combinación pésima cumple para el siguiente espesor de concreto y armadura: **espesor 15cm** refuerzo: **#Ø3/8”/17,5cm**.

CAJAS Y CÁMARAS

Al tratarse de recintos cerrados rectangulares de poca altura se ha calculado el elemento pésimo, siendo válido el cálculo y comprobaciones realizadas para el resto de elementos.

Aunque debido a su clasificación como estructuras de categoría D está permitido a criterio del proyectista omitir el análisis por fuerzas sísmicas se han introducido estas acciones en el cálculo.

Tras los análisis y comprobaciones efectuadas se ha decidido realizar estos elementos en concreto simple con un espesor mínimo de 20cm según lo indicado en el artículo 22.6.6.3 de **E.060**.

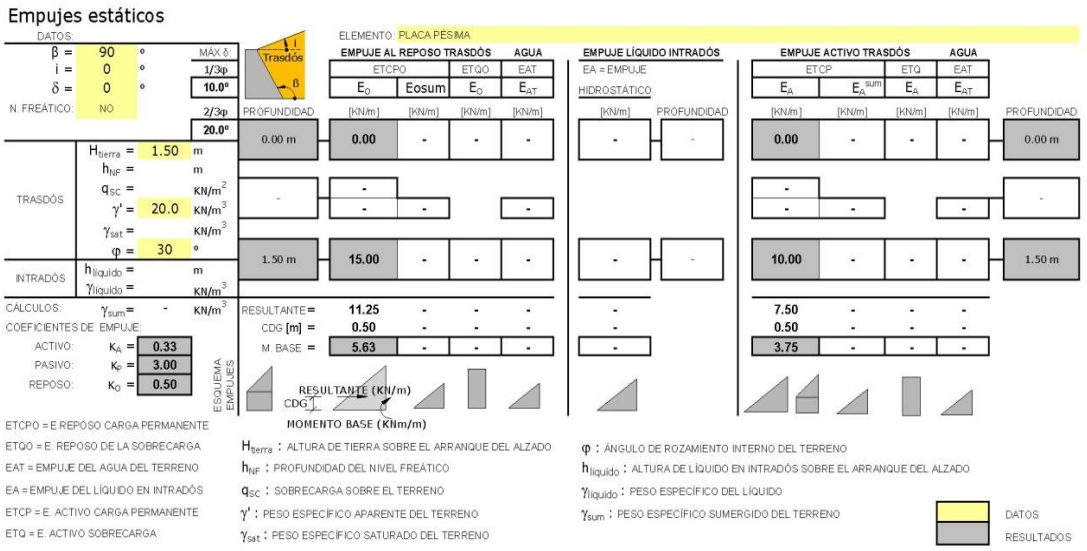
Se muestra a continuación la geometría de la placa pésima introducida en el modelo de cálculo:

Tabla resumen de datos básicos cámaras (placa pésima)	
Altura de los alzados	1,30 m
Ancho-Largo	0,70 m
Calado interior de agua (si existe)	1,50 m
Altura de tierras sobre el alzado	1,30 m
Tipo de empuje en trasdós	Reposo

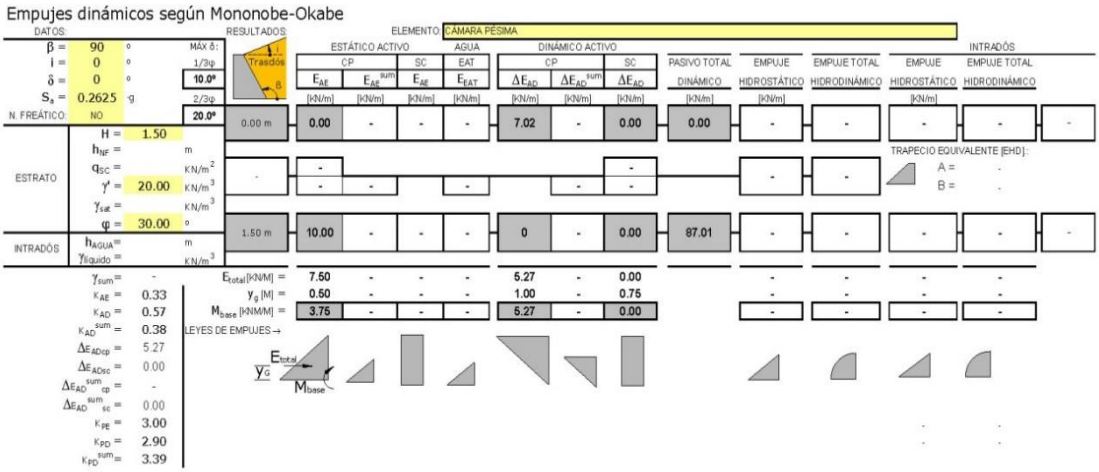
ACCIONES

Se muestran a continuación los empujes considerados en los cálculos:

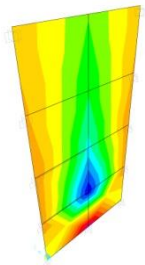
HIPÓTESIS 1: SIN SISMO



HIPÓTESIS 2: CON SISMO



ESFUERZOS PÉSIMOS

Tabla resumen de cálculo		
Proyecto:	Comunidad Nativa de Shilcayo	
Muro:	Placa pésima cámaras	
Modelización		
Modelo (SAP2000): - Placa triempotrada con la coronación libre ▪ Deflexión máxima despreciable		
Datos geométricos: 1] Placa - Ver croquis (Modelo bidimensional) 2] Filtro contenido - Altura de tierra sobre solera = 1,30m - Altura del agua pésima (si existe) = 0,80m		
Esfuerzos pésimos concomitantes de cálculo en rotura y servicio		
	Trasdós-Empuje terreno	Intradós-Empuje agua
Armadura vertical	M_d = 0,4 KNm/m V_d = 2,44 KN/m M_K =0,27 KNm/m	M_d = 0,4 KNm/m V_d = 2,44 KN/m M_K =0,27 KNm/m
Armadura horizontal	M_d = 0,57 KNm/m V_d = 3,36 KN/m M_K = 0,38 KNm/m	M_d = 0,57 KNm/m V_d = 3,36 KN/m M_K = 0,38 KNm/m

Donde:

F11 = Axil horizontal (positivo=tracción)

F22= Axil vertical (positivo = tracción)

M11 = Momento horizontal (Positivo = hacia fuera de la contención)

M22 = Momento vertical (Positivo = hacia fuera de la contención)

V13 = Cortante horizontal

V23 = Cortante vertical

COMPROBACIONES REALIZADAS

Tras el análisis realizado y cumpliendo en todo caso las siguientes condiciones:

- Estructura técnicamente válida para resistir los esfuerzos generados por la actuación de las cargas previstas en la normativa.
- Simplificación de la ejecución en obra de las estructuras.

En base al cumplimiento de las dos condiciones anteriores, se ha tratado de realizar la estructura más económica posible, por lo que al comprobarse que es posible realizarla en concreto simple (sin armadura) con el espesor mínimo admitido por la norma (20cm), ya que se ha comprobado que con un espesor de 20cm en los muros y cimentación se cumplían todos los requisitos establecidos por la normativa.

FLEXIÓN SIMPLE PÉSIMA

ELU flexión simple y cortante y ELS fisuración en muros y losas según E.060

ELEMENTO: COMBINACIÓN PÉSIMA CÁMARAS

DATOS:

GEOMETRÍA:

ESPESOR =	20	cm
H | P.COMP. =	0.00	m
C_c =	3.5	cm

POSICIÓN DEL REFUERZO: CENTRAL

POSICIÓN DEL REFUERZO: HORIZONTAL

TIPO DE ELEMENTO: LOSA MACIZA

ESFUERZOS PÉSIMOS EN ROTURA:

M_u =	0.40	KNm/m
N_u =	0.00	KN/m
V_u =	2.44	KN/m

ESFUERZO PÉSIMO EN SERVICIO:

M_s =	0.27	KNm/m

CARACT. MECÁNICAS MATERIALES:

f'_c =	21.0	MPa
f_y =	420	MPa

PESO UNITARIO CONCRETO:

w_c =	2300	Kg/m^3

ARMADURA: 3/8" / 17.5 cm — Nº: 1

ARMADURA CARA 2: Nº BARRAS:

FACTORES DE MINORACIÓN DE RESIST:

Φ_1 =	0.90	FLEXIÓN
Φ_2 =	0.85	CORTE
Φ_3 =	0.80	AXIL (T)

ÁREA DE ACERO REQUERIDA [Mu=ΦMn]:

$A_{s,\Phi Mn}$ = 2.13 cm^2/m

ÁREA DE ACERO REQUERIDA [Mu=1.2 Mcr]:

$A_{s,1.2\cdot Mcr}$ = cm^2/m

RESULTADOS:

CONCRETO SIMPLE:

$\Phi\cdot M_n$ =	8.34	KNm/m	CUMPLE
$\Phi\cdot V_n$ =	65.53	KN/m	CUMPLE

ROTURA FLEXIÓN Y CORTANTE:

RESISTENCIAS DE DISEÑO:

$\Phi_1\cdot M_n$ =	16.14	KNm/m	CUMPLE
$\Phi_2\cdot V_n$ =	72.53	KN/m	CUMPLE

COMPROBACIÓN FISURACIÓN SERVICIO:

MOMENTO DE AGRIETAMIENTO:

M_{cr} =	18.94	KNm/m	

PARÁMETRO FISURACIÓN Z≤26 [9-18]:

Z =	-	KN/mm	CUMPLE

→ **NO SE FISURA: Ms≤Mcr**

CUANTÍAS MÍNIMAS:

RETRACCIÓN Y TEMPERATURA (ART 9.7):

$A_{s\,min,g}$ =	3.60	cm^2/m	CUMPLE

MECÁNICA FLEXIÓN*:

$A_{s\,min,m}$ =	-	cm^2/m	CUMPLE

DIÁMETRO	$A_{s,real}$	MASA
MM - ["]	cm^2/m	Kg/m^3
9.53 - [3/8"]	4.0760	15.97
MM - ["]	cm^2/m	Kg/m^3
-	-	-

DEFORMACIÓN MÁX HORMIGÓN < 3 ‰:

ε_c =	0.24	‰	CUMPLE

SEPARACIÓN BARRAS:

sep_{barras} =	165.5	mm	
sep_{min} =	10.0	mm	CUMPLE
$sep_{máx}$ =	400.0	mm	CUMPLE

CÁLCULOS:

CONCRETO SIMPLE:

M_n =	12.83	KNm/m	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
V_n =	100.82	KNm/m	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN

FLEXIÓN:

T =	171.19	KN	TRACCIÓN MÁXIMA EN EL ACERO DE REFUERZO
β_1 =	0.85		FACTOR ARTÍCULO 10.2.7.3
E_c =	21735.5111	MPa	MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO [ART 8.5.2]
E_s =	200000	MPa	MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO [ART 8.5.5]
ε_y =	2.10	‰	DEFORMACIÓN CEDENTE
d =	10.95	cm	DISTANCIA DE LA F. EXTREMA COMPRIMIDA Y EL BARICENTRO DEL ACERO DE REFUERZO LONGITUDINAL
d' =	9.05	cm	DISTANCIA DE LA F. EXTREMA COMPRIMIDA Y EL BARICENTRO DEL ACERO DE REFUERZO A COMPRESIÓN
a =	0.96	cm	ESPESOR BLOQUE RECTANGULAR EQUIVALENTE DE CONCRETO COMPRIMIDO [ART 10.2.7.1]
c =	1.13	cm	DISTANCIA DE LA FIBRA CON MÁXIMA DEFORMACIÓN EN COMPRESIÓN A EJE NEUTRO
z =	10.47	cm	BRAZO (MOMENTO NOMINAL)
M_n =	17.93	KNm	RESISTENCIA NOMINAL DE LA SECCIÓN
f_s =	6.72	MPa	ESFUERZO EN EL ACERO [ART 10.3.2.1]
d_c =	90.5	mm	
A_{ct} =	180940.0	mm^2	
f_r =	2.84	MPa	MÓDULO DE ROTURA
I =	66666.7	cm^4/m	MOMENTO DE INERCIA DE LA SECCIÓN TOTAL DESPRECIANDO EL ACERO DE REFUERZO
y_t =	10.00	cm	DISTANCIA DEL BARICENTRO DE LA SECCIÓN DESPRECIANDO EL ACERO A LA FIBRA EXTREMA TRACC.
S_m =	6667	cm^3	MÓDULO ELÁSTICO DE LA SECCIÓN

CORTANTE:

$[f'_c]^{1/2}$ =	4.58	MPa	
M_m =	0.40	KNm/m	TABLA 11.3
ρ_w =	2.04 ‰		CUANTÍA DEL REFUERZO DEL ALMA
V_c =	85.3	KN/m	FÓRMULAS 11.4

ARMADURAS MÍNIMAS:

ARMADURA MÍNIMA RETRACCIÓN Y TEMPERATURA:

$A_{s,min\,\Phi t}$ =	3.60	cm^2/m	TABLA 7.7
$A_{s,min\,\Phi t}$ =	2.40	cm^2/m	ARTÍCULO 10.5.4

ARMADURA MÍNIMA MECÁNICA FLEXIÓN:

$1{,}2\cdot M_{cr}$ =	22.73	KNm/m	
$A_{s,min\,M}$ =	2.63	cm^2/m	ARTÍCULO 10.5.1 Y 10.5.2
$1/3\cdot A_{s,\Phi Mn}$ =	0.71	cm^2/m	

*NOTA (ARTÍCULO 10.5.3): LA CUANTÍA MÍNIMA MECÁNICA NO ES NECESARIO DISPONERLA EN CASO DE QUE EL ÁREA DE ACERO EN TRACCIÓN PROPORCIONADA SEA AL MENOS UN TERCIO SUPERIOR A LA REQUERIDA POR ANÁLISIS

Tal y como se comprueba es posible realizar la contención con **concreto simple**.